

# MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE AOS PROCESSOS EROSIVOS A PARTIR DE MÉTODOS MULTICRITERIAIS: UM ESTUDO SOBRE AS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DA REPRESA LARANJA DOCE, MARTINÓPOLIS (SP)<sup>1</sup>

RODRIGUES, Tiago<sup>2</sup>;  
TOMMASELLI, José Tadeu Garcia<sup>3</sup>;  
ARROIO JUNIOR, Paulo Ponce<sup>4</sup>

---

Recebido (Received): 2017- 08-31 Aceito (Accepted): 2017-12-22

## Resumo

Este trabalho apresenta a aplicação de uma metodologia para identificar e mapear áreas vulneráveis a processos erosivos a partir do estudo das condições ambientais da bacia da Represa Laranja Doce, localizada no município de Martinópolis (Estado de São Paulo, Brasil), onde se encontram diversos tipos de uso e ocupação do solo. O estudo teve como base teórica o balanço morfogênese/pedogênese para considerar a vulnerabilidade aos processos erosivos, utilizando-se de informações sobre a geologia, declividade, geomorfologia, tipologia e usos de solo. O mapeamento foi realizado em um sistema de informações geográficas a partir de métodos multicriteriais, sendo um deles a Inferência Média Ponderada e o outro o suporte à decisão por Análise de Processos Hierárquicos (AHP), e validado a partir do contraste com imagens de satélite. Os resultados caracterizam a situação ambiental da bacia segundo o seu grau de vulnerabilidade aos processos erosivos e indicam que cerca de 70% de sua área é considerada estável. Além disso, às análises realizadas qualificam a metodologia utilizada e evidenciam que tal condição se dá em função das características das unidades de relevo e as formas de usos do solo e, portanto, uma condição decorrente das ações do homem no Espaço Geográfico.

**Palavras Chave:** Mapeamento, Uso do Solo, Vulnerabilidade, Análise de Processos Hierárquicos, Sistema de Informações Geográficas.

## MAPEAMIENTO DE LA VULNERABILIDAD A LOS PROCESOS EROSIVOS A PARTIR DE MÉTODOS MULTICRITERIO: UN ESTUDIO SOBRE LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE LA BACIA HIDROGRÁFICA DE LA REPRESA LARANJA DOCE, MARTINÓPOLIS, ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL

## Resumen

Este trabajo presenta la aplicación de una metodología que tiene como finalidad identificar y mapear áreas vulnerables a procesos erosivos a partir del estudio de las condiciones ambientales de la cuenca de la Represa Laranja Doce, ubicada en la ciudad de Martinópolis (Estado de São Paulo, Brasil), donde se encuentran varios tipos de uso y ocupación del suelo. El estudio tuvo como sustento teórico el balance morfogénesis/pedogénesis para considerar la vulnerabilidad a los procesos erosivos, utilizando informaciones sobre geología, declividad, geomorfología, tipología y usos del suelo. El mapeo fue realizado por un sistema de informaciones geográficas a partir de métodos multicriterios, como la Inferencia Media Ponderada y el soporte a la decisión AHP (Análisis de Procesos Jerárquicos). La validación fue posible a partir del contraste con imágenes de satélite. Los resultados caracterizan la situación ambiental de la cuenca segundo su grado de vulnerabilidad a los procesos erosivos e

---

1 Artigo resultante da monografia de bacharelado em Geografia intitulada “Diagnóstico Ambiental da bacia Hidrográfica da represa laranja doce, Município de Martinópolis – SP” defendida em 2010 na Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP, campus de Presidente Prudente (SP).

2 Doutorando e Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. rodriguesr@hotmail.com

3 Departamento de Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP, Campus de Presidente Prudente (SP). tadeu@fct.unesp.br

4 Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. arroiop@gmail.com

indicam que casi el 70% de su área es considerada estable. Además, los análisis realizados califican la metodología y evidencian que dicha condición es posible debido a la función de las características de las unidades de relevo y a las maneras de usos del suelo, que son resultantes a las acciones del hombre en el Espacio Geográfico.

**Palabras clave:** Mapeo, Uso del suelo, Vulnerabilidad, Análisis de Procesos jerárquicos, Sistema de Información Geográfica.

## **FROM VULNERABILITY MAPPING TO EROSION PROCESSES RESULTING FROM MULTICRITERIAL METHODS: A STUDY ON THE ENVIRONMENTAL CONDITIONS OF THE HYDROGENIC BASIN OF LARANJA DOCE DAM IN MARTINÓPOLIS, SAO PAULO STATE, BRAZIL**

### **Abstract**

This paper shows the application of a methodology to identifies and map vulnerable erosion areas thought the study of the environmental conditions of Represa Laranja Doce basin located in the municipality of Martinópolis (Sao Paulo state, Brazil), where there are various types of land use and occupation. The morphogenesis and pedogenesis balance was used as a theoretical reference to consider vulnerability of erosive processes using available information on geology, slope, geomorphology, soil typology and land use. This mapping was performed by a geographic system information, through multi-criteria methods, one of them being the Weighted Average Inference and the other one being the decision support of Analytic Hierarchy Process (AHP), and validated by the contrast with satellite images. The results show the environmental conditions of the basin, according to its degree of vulnerability of erosive processes, where about 70% of its area is considered to be stable. Besides, the carried out analyses qualify the methodology and it shows that such condition occurs due to the characteristics of the relief units and the land use forms. Therefore, a condition which arises from relevant human's actions in the Geographic Space.

**Keywords:** Mapping; Land use, Vulnerability, Geographic Information System, Analytic Hierarchy Process.

## **1 Introdução**

Este artigo apresenta a aplicação de uma proposta metodológica para estabelecer um mapeamento da maior ou menor susceptibilidade que uma paisagem pode estar vulnerável ao desenvolvimento de processos erosivos, ante as atividades transformadoras que nela ocorrem.

Assim este estudo tem como objeto de análise a bacia de hidrográfica da Represa Laranja Doce situada no município de Martinópolis, bacia hidrográfica do Pontal do Paranapanema (UGRHI-22)<sup>5</sup>, na região oeste do Estado de São Paulo.

Nesta bacia se concentram diversos tipos de uso e ocupação, tais como, as culturas agrícolas, pastagens, ocupações urbanas, uso turístico/recreativo e vários outros, que envolvem a Represa Laranja Doce, que por sua vez, apresenta um potencial turístico importante para a diversificação econômica do município e da região (SERRANO, 2009).

A bacia se caracteriza pelas diversas formas de uso que resultam em um processo de degradação constante dos recursos do ambiente natural, dentre os impactos ambientais ali

---

5 UGRHI-22 – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema

presentes, destacam-se principalmente, a formação de processos erosivos, que associados a ação antrópica tendem a evoluir para graves quadros que afetam diretamente o meio ambiente e o homem (SERRANO, 2009).

Assim, o mapeamento da vulnerabilidade aos processos erosivos permite diagnosticar a possibilidade de ocorrência de problemas ambientais em uma determinada área, ao representar a maior ou menor susceptibilidade que o ambiente pode estar sendo submetido, indicando as áreas mais propensas à atuação destes processos.

O estudo tem como princípio o conceito de Ecodinâmica proposto por Tricart (1977), ao relacionar o modo como diversos componentes/unidades ambientais da paisagem natural, como por exemplo, a geomorfologia, a geologia, o uso e ocupação do solo, etc. se inter-relacionam e influenciam nos processos de morfogênese e pedogênese.

Nesse contexto o procedimento mais adequado foi a análise por intermédio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Para isto, o mapeamento foi elaborado através do *software* SPRING<sup>6</sup> a partir de uma inferência por média ponderada obtida por programação em LEGAL<sup>7</sup>, por meio de expressões *booleanas* e pelo suporte à decisão AHP (Análise de Processos Hierárquicos). O presente artigo procura caracteriza a situação ambiental da bacia, sob a perspectiva de sua vulnerabilidade aos processos erosivos frente às formas de ocupação e uso dos recursos naturais, de modo que sua caracterização e análise se tornam importantes, pois são instrumentos para ações de planejamento, ordenação e gestão dos recursos da bacia.

## 2 Caracterização da área de estudo

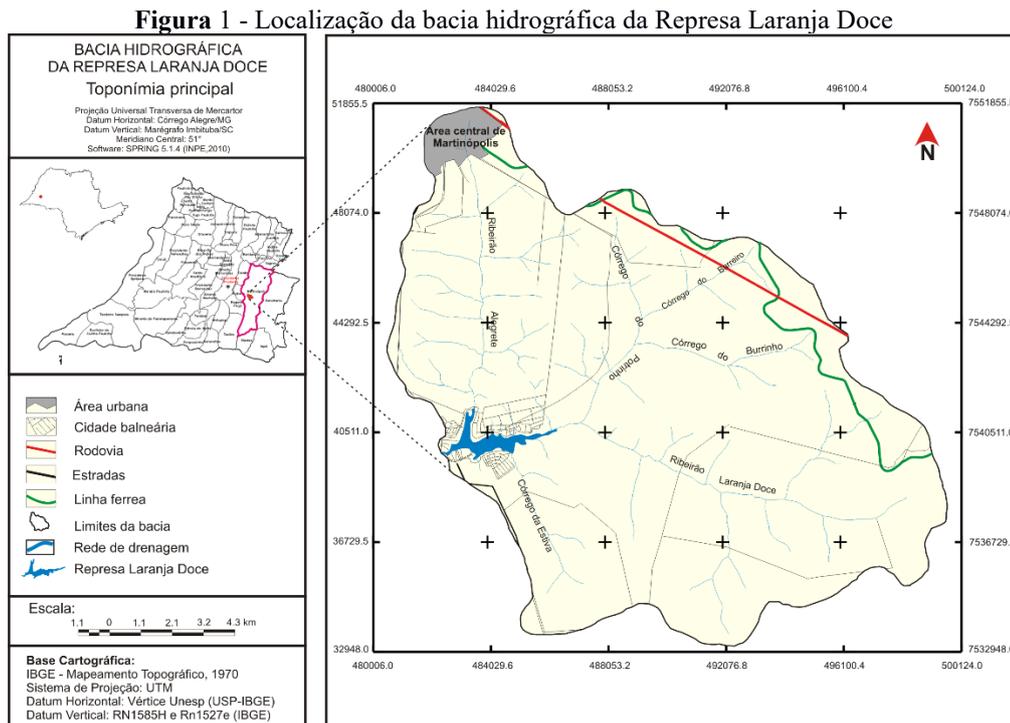
Situada na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema – UGRHI 22, a bacia da Represa Laranja Doce está situada na Bacia hidrográfica do Ribeirão Laranja Doce, que atravessa os municípios de Indiana, Martinópolis, Regente Feijó e Taciba, porção oeste do Estado de São Paulo (PEREIRA, 2012). A bacia em estudo está localizada entre as coordenadas 22°08'31" S e 22°18'13" S e as coordenadas 50°59'36" W e 51°11'26" W, e conta com uma área de aproximadamente 216 Km<sup>2</sup> (Figura 1). A altimetria da área varia entre 380 metros e 580 metros, sendo as maiores altitudes situadas na porção sudeste, como também na cabeceira do Ribeirão Alegrete. Quanto ao clima, a classificação de Köppen

---

6 **SPRING** é um *software* desenvolvido pela Divisão de Processamento de Imagens do INPE e que conta com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais.

7 **LEGAL** - Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico – é uma ferramenta do *software* SPRING que possibilita a realização de análises espaciais através de álgebra de mapas.

indica os tipos de clima, Aw e Cwa, onde atuam as massas polar atlântica, tropical continental e tropical atlântica, chovendo em média 1200 a 1300 milímetros (BOIN, 2000). A bacia de estudo está localizada ao sul do núcleo urbano e é composta por parte da área urbana de Martinópolis, a represa Laranja Doce, a Cidade Balneária, os assentamentos rurais, e trechos da rodovia Raposo Tavares e da linha férrea da Alta Sorocabana (Figura 1).



A Represa Laranja Doce é formada, principalmente, pela confluência dos Ribeirões Alegrete, Laranja Doce e Estiva, que formam um espelho d'água com cerca de 1,46 km<sup>2</sup>, praia de 4 km de extensão e dista cerca de 12 quilômetros do centro urbano de Martinópolis. A represa foi construída em 1920, quando a Companhia Elétrica Caiuá adquiriu as terras pertencentes à fazenda Indiana no salto Laranja Doce, onde fora instalada uma usina geradora de energia elétrica (SILVA et. al., 1996). A partir da década de 1950, intensifica-se o seu uso e ocupação para fins recreativos, tornando a represa um dos principais pontos de atração turística da região e um potencial diferencial de obtenção de recursos para o município (SILVA et. al., 1996). Daí a importância de estudos e ações que visem melhorar a qualidade ambiental da represa e também de melhor aproveitamento do seu potencial turístico.

### 3 Embasamento teórico para a construção do mapa de vulnerabilidade a erosão

A construção do mapa de vulnerabilidade à erosão tem como base os estudos desenvolvidos por Crepani et al. (2001) para o Zoneamento Ecológico Econômico da Amazônia. Esse estudo tem como base a teoria Ecodinâmica de Tricart (1977) sobre a análise da morfodinâmica da paisagem para analisar imagens multiespectrais de satélites em ambiente computacional.

A análise desenvolvida por Crepani et al. (2001) e adaptada a esse estudo, consiste em comparar diferentes “unidades ambientais que compõem a paisagem natural”, como por exemplo os aspectos relativos a geologia, geomorfologia, pedologia, e estabelecer relações hierárquicas conforme a sua contribuição ao processo erosivo.

O conceito de “unidades da paisagem natural” utilizado por Crepani et al. (2001), refere-se a um dos elementos das “unidades territoriais básicas”, que em síntese, referem-se a aspectos/componentes da paisagem natural e de intervenção antrópica, onde se inscreve uma combinação de eventos e interações, visíveis e invisíveis, que são passíveis de representação cartográfica e georreferenciamento.

O grau de estabilidade ou vulnerabilidade à erosão de cada unidade é estruturado conforme prevalecem a maior ou menor contribuição aos processos de morfogênese e de pedogênese. A partir deste princípio, desenvolveu-se um modelo de avaliação do estágio de evolução morfodinâmica das unidades ambientais, atribuindo valores de estabilidade de 1,0 a 3,0 conforme pode ser visto na Tabela 1:

**Tabela 1** - Avaliação da vulnerabilidade das unidades de paisagem natural

<b>Unidade</b>	<b>Relação pedogênese / morfogênese</b>	<b>Valor ou nota</b>
Estável	Prevalece a pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio entre pedogênese e morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a morfogênese	3,0

Fonte: CREPANI et al., 2001.

Este modelo é aplicado de modo individual a cada tema, ou “unidade/componente ambiental da paisagem natural”<sup>8</sup>, respeitando uma abordagem holística, de modo que cada unidade ambiental recebe um valor final resultante da média dos valores dos atributos que a

<sup>8</sup> Neste trabalho, nomearemos como “Componente Ambiental”.

compõem (CREPANI et al., 2001). Em outras palavras, é dar uma valoração ponderada a cada classe temática que compõe uma determinada representação cartográfica.

Ao mesmo tempo deve estabelecer-se, hierarquicamente, como cada unidade ambiental contribui para a morfogênese, para assim realizar a média ponderada de cada unidade ambiental, cujo resultado permite representar o grau de estabilidade/vulnerabilidade à erosão da paisagem analisada. Para tal, utilizam-se as técnicas de álgebra de mapas em ambiente computacional, em substituição aos procedimentos manuais, para melhor integração e representação da análise.

### 3.1 Valores de vulnerabilidade à erosão as unidades da paisagem

O princípio de atribuição de ponderações, da metodologia de Crepani et al. (2001), é aferir valores ponderados aos atributos presentes em cada unidade ambiental, tendo como referência as diferenciações de um determinado atributo na natureza. Assim, para a determinação das classes de vulnerabilidade foram atribuídos valores empíricos em uma escala de “1,0” a “3,0”, tendo como referência as classes de vulnerabilidade definidas por Crepani et al. (2001), conforme as características (Vulnerabilidade/Estabilidade) de cada critério de avaliação. Os critérios de avaliação adotados neste trabalho foram adaptados de Ribeiro e Campos (2007) e Crepani et al. (2001), como apresenta a Tabela 2.

**Tabela 2 - Critério de avaliação das variáveis (unidades ambientais)**

<b>Variáveis (componente ambiental)</b>	<b>Critérios</b>
Geologia	Grau de coesão das rochas
Pedologia	Grau de desenvolvimento do solo
Geomorfologia	Suscetibilidade de desgaste da forma do relevo
Declividade	Varição da Declividade
Uso do Solo	Proteção oferecida ao solo em função da densidade da cobertura vegetal

Fonte: RIBEIRO. L, F; CAMPOS, S., 2007 e CREPANI et al., 2001

Nesse sentido, as condições ambientais da bacia em estudo serão analisadas e mapeadas sob esses critérios, em ambiente SIG, tendo como referência as classes de vulnerabilidade definidas por Crepani et al. (2001).

### 3.1.1 Geologia

Em relação as características geológicas, deve-se dar destaque ao tipo de rocha predominante, conforme o grau de coesão das rochas, como indica a Tabela 3.

**Tabela 3** - Escala de vulnerabilidade à denudação das rochas mais comuns

<b>Rocha</b>	<b>Vulnerabilidade/Estabilidade.</b>
Quartzitos ou metaquartzitos	1,0
Riólito, Granito, Dacito	1,1
Granodiorito, Quartzo Diorito, Granulitos	1,2
Migmatitos, Gnaisses	1,3
Fonólito, Nefelina Sienito, Traquito, Sienito	1,4
Andesito, Diorito, Basalto	1,5
Anor tosito, Gabro, Peridotito	1,6
Milonitos, Quartzo, Clorita xisto	1,7
Anfibolito Kimberlito, Dunito	1,8
Actinolita xisto	1,9
Estaurolita xisto, Xistos granatíferos	2,0
Filito, Metassilito	2,1
Ardósia, Metargilito	2,2
Mármore	2,3
Arenitos quartzosos ou ortoquartzitos	2,4
Conglomerados, Subgrauvacas	2,5
Grauvacas, Arcózios	2,6
<i>Siltitos, Argilitos</i>	2,7
Folhelhos	2,8
Calcários, Dolomitos, Margas, Evaporitos	2,9
Sedimentos Inconsolidados: Aluviões, Colúvios etc.	3,0

Fonte: RIBEIRO. L, F; CAMPOS, S., 2007 e CREPANI et al., 2001

A bacia de estudo está inserida na Formação Adamantina, na unidade Ka4 em que se encontram arenitos finos e muito finos, quartzosos com *frequente intercalações de argilitos e siltitos*, formando bancos espessos (IPT, 1981). Localmente, arenitos com agrupamentos de argila, também havendo moderada presença de cimentação carbonática. Dessa forma, ao levar em consideração a vulnerabilidade dos tipos de rochas mais comuns, atribuiu-se o valor de 2,7 a esta unidade, uma vez os *argilitos e siltitos* são os mais recorrentes.

### 3.1.2 Pedologia

A vulnerabilidade dos solos é estabelecida, segundo Crepani et al. (1996), de acordo com o seu respectivo grau de desenvolvimento. Portanto, de modo geral, um ambiente natural estável que favorece o processo de pedogênese, apresenta consequentemente solos mais desenvolvidos e intemperizados, enquanto que em um ambiente instável prevalece a denudação

do relevo, tendo o predomínio de processos erosivos, portanto solos mais novos e inconsistentes. Dessa forma, utilizou-se como base para atribuir valores aos solos predominantes na bacia, os valores de vulnerabilidade/estabilidade dos solos, adaptado por Ribeiro e Campos (2007), conforme indica a Tabela 4.

**Tabela 4** - Valores de vulnerabilidade/estabilidade dos solos

<b>Classes de solo</b>	<b>Vulnerabilidade/ Estabilidade</b>
Latossolos (Amarelo, Vermelho e Bruno)	1,0
Argissolo, Luvisolo, Alissolo, Nitossolo, Chernossolo, Planossolo e Espodossolo	2,0
Cambissolos	2,5
Neossolo, Neossolo, Quartzarênico, Vertissolo, Organossolo, Gleissolo, Plintossolo, Chernossolo Rêndzico e Afloramento Rochoso	3,0

Fonte: RIBEIRO. L, F; CAMPOS, S., 2007 e CREPANI et al., 2001

A área da bacia da Represa Laranja Doce é composta pela predominância de duas classes de solo, os Latossolos e os Argissolos (ESTADO DE SÃO PAULO, 1998), portanto esta unidade recebe respectivamente, pesos 1 e 2.

### 3.1.3 Geomorfologia e Declividade

Para ponderarmos os valores de vulnerabilidade para os temas geomorfologia e declividade, houve a necessidade de adaptarmos proposições já definidas. Quanto a geomorfologia, utilizou-se os parâmetros gerais definidos por Crepani et al. (1996;2001) para o tema, ou seja, os valores de suscetibilidade obtidos pela média dos fatores morfométricos que o compõem (no caso, a dissecação do relevo pela drenagem, a amplitude altimétrica e a declividade). A tabela 5 sintetiza as proposições do autor sobre a ponderação das formas do relevo.

**Tabela 5** - Valores de ponderação para a vulnerabilidade à erosão das formas gerais do relevo

<b>Formas de relevo e/ou acumulação</b>	<b>Valor de ponderação a vulnerabilidade</b>
Entre as formas de relevos planos a suavemente ondulados, como as superfícies pediplanadas, os interflúvios tabulares e as colinas de topos aplainados.	1,0 a 1,6

Para as formas de relevos ondulados, dissecados em colinas.	1,7 a 2,3
Para os relevos fortemente ondulados a escarpados, dissecados em cristas, ravinas e pontões.	2,4 a 3,0
Quanto às formas de acumulação, como as planícies e os terraços, de origem fluvial, marinha ou lacustre:	
a) para os terraços, áreas de relevo plano e estáveis;	1,0
b) para as planícies, áreas sujeitas à inundação e de intensa morfodinâmica, nas quais os processos de morfogênese predominam sobre a pedogênese e, portanto, apesar do relevo plano, são muito instáveis.	3,0

Fonte: CREPANI et al., 1996;2001

Ao se comparar os valores estipulados às formas gerais do relevo, com as características do relevo da área de estudo, temos a seguinte ponderação (Tabela 6).

**Tabela 6** - Ponderação da vulnerabilidade à erosão das formas gerais do relevo da bacia hidrográfica da Represa Laranja Doce

<b>Domínio de relevo presente na bacia</b>	<b>Valor de ponderação adotado</b>
Relevo colinoso	
Colinas amplas – predominam interflúvios com área superior a 4 km <sup>2</sup> , topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos.	1,6
Relevo de morros com encostas suavizadas	
Morros amplos – constituem interflúvios arredondados com área superior a 15 km <sup>2</sup> , topos arredondados a achatados, vertentes com perfis retilíneos a convexos.	2,0

Quanto ao tema declividade, houve a adequação dos valores ponderados estipulados por Ribeiro e Campos (2007) para as classes de declividade presentes na área de estudo.

Vale ressaltar que o tipo e o modo como se dispõem as inclinações no relevo favorecem, ou não, o processo erosivo, pois quanto maior o grau de inclinação da encosta e maior o comprimento da rampa, maior o desprendimento de partículas, bem como o carreamento de sedimentos. Neste contexto, os valores próximos de 1,0 da escala de vulnerabilidade estão associados a pequenos ângulos de inclinação das encostas, situação em que prevalecem os processos pedogenéticos e os valores mais próximos de 3,0 estão associados a situações de maior declividade, onde prevalecem os processos morfogenéticos. A partir da escala proposta

pelo autor, normatizou-se os valores de vulnerabilidade às classes de declividade presentes na área de estudo, como indicado na Tabela 7, para os terraços, áreas de relevo plano e estáveis.

**Tabela 7** - Valores de vulnerabilidade para as classes de declividade encontradas na bacia da Represa Laranja Doce

<b>Classes morfométricas</b>	<b>Declividade (%)</b>	<b>Valores de Vulnerabilidade</b>	<b>Área em (km<sup>2</sup>)</b>
Muito Baixa	0 - 3	1,0	87.97
Baixa	3 - 5	1,5	63.07
Baixa Média	5 - 12	2,0	56.44
Alta	12 - 20	2,5	5.23
Muito Alta	>20	3,0	0.66

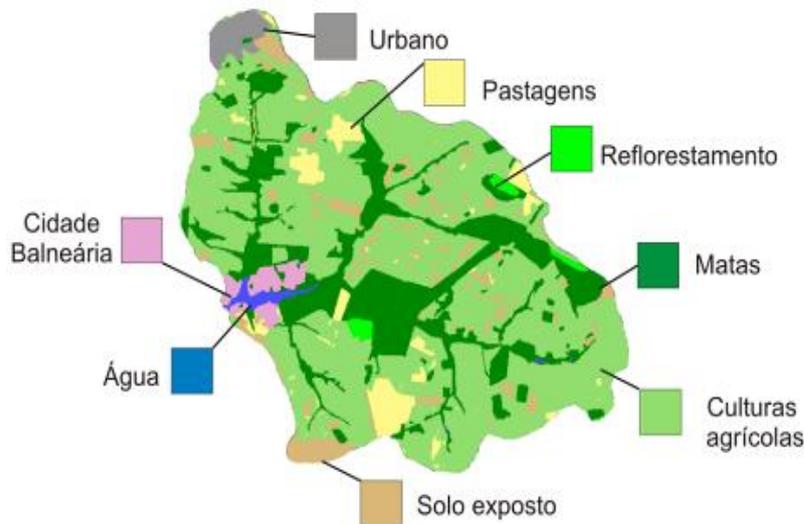
Em síntese, deve-se destacar, que a influência do relevo no processo de erosão está relacionada com a sua morfologia, que se subdivide em morfografia, aspectos descritivos do terreno (como sua aparência) - no caso o enfoque foi a forma dos topos a partir da classificação geral proposta pelo IPT (1981) e em morfometria, aspectos quantitativos, como a declividade, que foram adequadas conforme as classes de declividades presentes na bacia.

### 3.1.4 Uso e ocupação do solo

Para estabelecer as classes de vulnerabilidade para os diferentes tipos de uso do solo levou-se em consideração a relação de proteção oferecida ao solo, em função da densidade da cobertura vegetal. Logo, temos como pressuposto que a densidade e o tipo da cobertura representam uma forma de defesa contra os efeitos dos processos modificadores das formas de relevo, incluindo a proteção dos solos. Ao mesmo tempo que a intervenção antrópica e os tipos de uso e ocupação sem controle potencializam os efeitos dos processos morfogenéticos.

Neste sentido, para se atribuir os valores de vulnerabilidade das formas de uso, utilizou-se como base a análise do mapa de uso e ocupação (Figura 2) e assim estruturou-se a seguinte escala de vulnerabilidade a erosão (Tabela 8).

**Figura 2** - Esquema geral dos tipos de usos e ocupações do solo presentes na bacia da Represa Laranja Doce



**Tabela 8** - Valores de vulnerabilidade à erosão das classes de uso e ocupação do solo, na bacia da Represa Laranja Doce

<b>Tipo de uso e ocupação / Detalhamento</b>	<b>Valores</b>
<b>Água</b>	Nulo
Não colabora para atenuação de processos erosivos	
<b>Matas</b>	1,0
Apresenta a maior proteção aos processos erosivos, devido à presença de diferentes tipos e portes de espécies arbóreas, que além de proteger o solo de agentes erosivos, também fornece nutrientes.	
<b>Culturas agrícolas</b>	2,5
Cabe destacar, que no caso de culturas agrícolas desde que cultivadas mediante a técnicas que venham conservar o solo são sempre positivas, uma vez que as culturas, em sua maioria, são plantadas em épocas de maior precipitação, contribuindo, assim, para a proteção do solo. No entanto, no caso da bacia de estudo, os principais problemas erosivos estão ligados as atividades agropecuárias, que ocupam de modo intensivo e desordenado os recursos naturais. O reflexo é a grande perda de solo causada pela rotação de culturas e o assoreamento dos córregos, configurando o principal problema ambiental da bacia.	
<b>Pastagens</b>	2,0
Oferecem o mínimo de cobertura e proteção do solo aos agentes do processo erosivo, principalmente ao amortecer o impacto das águas da chuva. Nestas áreas também se encontram a formação de ravinamentos e sulcos devido a atividade pecuária.	
<i>Nota Explicativa: A cobertura vegetal da superfície do terreno varia de acordo com a espécie, a densidade de plantio ou da vegetação, a altura da vegetação, a área foliar e tipologia florestal, e podem afetar diretamente a erodibilidade de um solo. Assim, o tipo de cobertura do solo é um fator importante para a proteção do solo e atenuação das perdas.</i>	
<b>Urbano</b>	1,5
A impermeabilidade do solo e a presença de infraestruturas pluviais adequadas ao recebimento das águas fornecem proteção ao solo. No entanto, a maioria dos problemas erosivos no meio urbano está relacionada à falta de planejamento e a falta de infraestruturas adequadas que receba e direcione as águas pluviais ao meio natural, de modo a desencadear diversos problemas, entre eles a erosão. Cabe destacar, que tal situação não se difere na área urbana da bacia.	
<b>Cidade Balneária</b>	2,0
A cidade balneária, esta sujeita a uma situação de vulnerabilidade superior à área urbana, por não apresentar infraestruturas de pavimentação e saneamento, como galerias pluviais e vias de acesso sem pavimento em boa parte de sua área, que em conjunto às atividades de urbanas, agrícolas e de recreação favorecem o processo erosivo.	
<b>Solo exposto</b>	3,0
<b>Expõe o solo diretamente a ação dos agentes erosivos.</b>	
<i>Nota Explicativa: Além da importância da cobertura vegetal, o tipo de uso, ocupação e manejo do solo devem-se levados em consideração. Destacam-se, como contribuintes ao processo erosivo, a ocupação</i>	

---

*desordenada e o uso de praticas não conservativas do solo. Tais fatores estão associados a uma gama de processos sociais, econômicos e políticos que refletem nas formas de uso da terra.*

---

Fonte: Adaptado de PEREIRA, R. A., 2012

Deve-se destacar que os aspectos demonstrados pela “unidade ambiental uso do solo”, permitem identificar de forma integrada os diferentes cenários produzidos pelo homem a partir da produção do espaço, tornando-se assim um elemento chave para a análise ambiental, bem como para a construção do mapa de vulnerabilidade aos processos erosivos.

### 3.2 Materiais e procedimentos

Para realizar o mapeamento da vulnerabilidade aos processos erosivos utilizou-se o *software* SPRING 5.1.4, desenvolvido pelo INPE<sup>9</sup>, para a integração e análise dos dados e informações. Inicialmente houve o pré-processamento dos dados, ou seja, a criação do banco de dados e de um projeto no SPRING, e a importação de vetores georreferenciados, (vetorizados manualmente em ambiente SIG), do mapeamento topográfico realizado pelo IBGE (2017) na escala 1:50.000, datum SAD-69 das folhas SF-22-Y-B-III-2 (Martinópolis) e SF-22-Y-B-III-4 (Cabeceiras do Jaguaretê).

As informações iniciais importadas foram as curvas de nível e a representação vetorial da rede de drenagem, que serviram de base para gerar o Modelo Numérico do Terreno (MNT) da declividade da bacia e um modelo do relevo através de interpolação (INPE, 2006). Em seguida, houve a compilação (importação e utilização de representações da área de estudo) de cartas temáticas da região. As informações referentes aos solos e à geologia da bacia de estudo foram obtidas a partir das cartas do meio físico, no formato digital (vetores), escala 1:250.000, provenientes do Diagnóstico da Situação dos Recursos Hídricos no Pontal do Paranapanema – Relatório Zero (ESTADO DE SÃO PAULO, 1998).

Quanto à geomorfologia tem-se como referência, o mapeamento geomorfológico do estado de São Paulo, elaborado pelo IPT<sup>10</sup> em 1981. Para obtenção de informações relativas ao uso da terra na área de estudo, utilizou-se as imagens multiespectrais CBERS 2B (disponibilizadas gratuitamente pelo INPE), sensor CCD, com resolução espacial de 20 metros, datada de 10 de setembro de 2007. Assim, importou-se um recorte da imagem, realizou-se o georreferenciamento e a classificação das bandas multiespectrais 1, 2, 3, e 4 (RGB,

---

9 INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Tecnológicas

10 IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

respectivamente). Esta última foi realizada através da classificação supervisionada por *pixel*, através do método de máxima verossimilhança, que detectou os tipos de cobertura da imagem com base na semelhança de pixels pré-selecionados. As classes definidas pela classificação foram: água, matas, culturas agrícolas, pastagens, área urbanizada, cidade balneária e solo exposto; sendo identificadas a partir de técnicas de fotointerpretação e através do classificador Maxver (INPE, 2006), com limiar de aceitação de 99%.

Tendo por base os mapeamentos de uso da terra (tipo de uso), da geologia (litologia), dos solos (tipo), do modelo de declividade e da geomorfologia, procedeu-se o desenvolvimento de rotinas para a conversão de dados vetoriais em formato matricial (raster) e realizaram-se as operações de álgebra de mapas para a geração do mapa de vulnerabilidade aos processos erosivos.

### 3.3 Procedimentos operacionais

A integração e ponderação dos dados obtidos foi realizada no aplicativo SPRING a partir da ferramenta de suporte de decisão em AHP e a inferência booleana em linguagem LEGAL (INPE, 2006). Desta forma, comparou-se hierarquicamente como tais componentes ambientais contribuem para o processo erosivo, estabelecendo-se a seguinte hierarquia:

***uso e ocupação solo > declividade > geomorfologia > pedologia > geologia***

Desta forma, a unidade de uso e ocupação sempre prevalece sobre as demais unidades, devido a sua maior interferência no processo morfogenético, enquanto que a unidade geológica é a que menos interfere em tal processo.

O suporte à decisão AHP, compara as relações de importância das unidades ambientais do mapeamento e atribui determinado *peso* de importância de cada componente em relação aos demais na influência do processo erosivo. Assim, denominou-se pesos de *2 a 5*, de modo que sempre um componente ambiental, em relação a outro, sempre contribui a mais para o processo erosivo do que a outra unidade comparada. Desta forma não há peso unitário de valor *1* (*importância igual – onde dois fatores contribuem igualmente para o objetivo*), na análise desenvolvida.

O resultado dessa aplicação gerou um programa em LEGAL, com razão de consistência (“racionalidade” da operação) de 0,015. Tal programação realizou a integração das informações a partir de uma operação de inferência por média ponderada, cujo resultado foi uma matriz numérica com valores que variavam entre 1.20239997 (valor mínimo) e 2.62150002 (valor máximo).

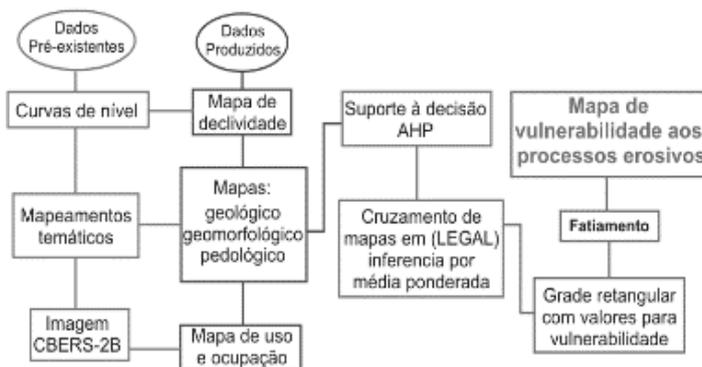
A partir desta grade, realizou-se a operação de fatiamento e associação de classes temáticas com base em uma escala de vulnerabilidade à erosão, conforme indica a tabela 9, adaptada das definições de Crepani et al. (2001).

**Tabela 9** - Classes temáticas associadas aos valores de vulnerabilidade.

Vulnerabilidade	Classe temática
1,0 – 1,5	Estável
1,5 – 2,0	Medianamente estável
2,0 – 2,5	Medianamente vulnerável
2,5 – 3,0	Vulnerável

Enfim, podemos esquematizar os procedimentos técnicos adotados para a construção da carta de vulnerabilidade à erosão, a partir do seguinte esquema (Figura 3).

**Figura 3** - Procedimentos para a elaboração de uma carta de vulnerabilidade à erosão



Esta análise não consiste simplesmente em espacializar polígonos que identificam as categorias de uso na área trabalhada. Para a interpretação dos dados foi também necessário realizar consultas a documentos e pesquisas existentes, trabalhos de campo e aferições *in loco*, de modo a construir um conjunto de informações sobre a área.

#### 4 Resultados e discussões

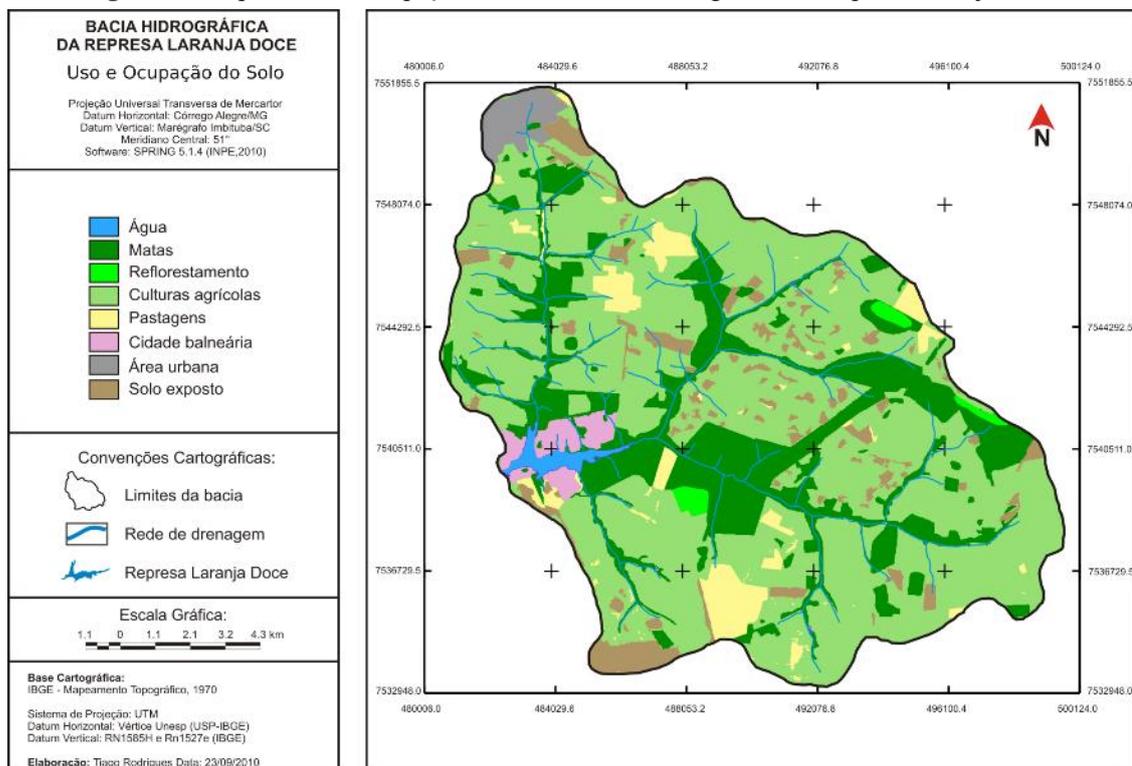
A seguir, apresenta-se a análise dos tipos de uso e ocupação do solo da bacia da Represa Laranja Doce como forma de identificar o cenário de ocupação em 2010, os resultados da construção do mapa de vulnerabilidade aos processos erosivos e, também, a sua aferição.

##### 4.1 Uso e ocupação da bacia hidrográfica da Represa Laranja Doce

A análise das formas de uso e ocupação do solo é uma forma de retratar como as atividades humanas podem interferir sobre os elementos naturais da paisagem, sendo assim um meio importante de aquisição de informações sobre os meios biofísicos e socioeconômicos (SANTOS, 2004).

A Figura 4 apresenta o mapa de uso e ocupação da bacia hidrográfica da Represa Laranja Doce em 2010, cuja as classes foram geradas a partir da classificação supervisionada.

**Figura 4 -** Mapa de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica da Represa Laranja Doce



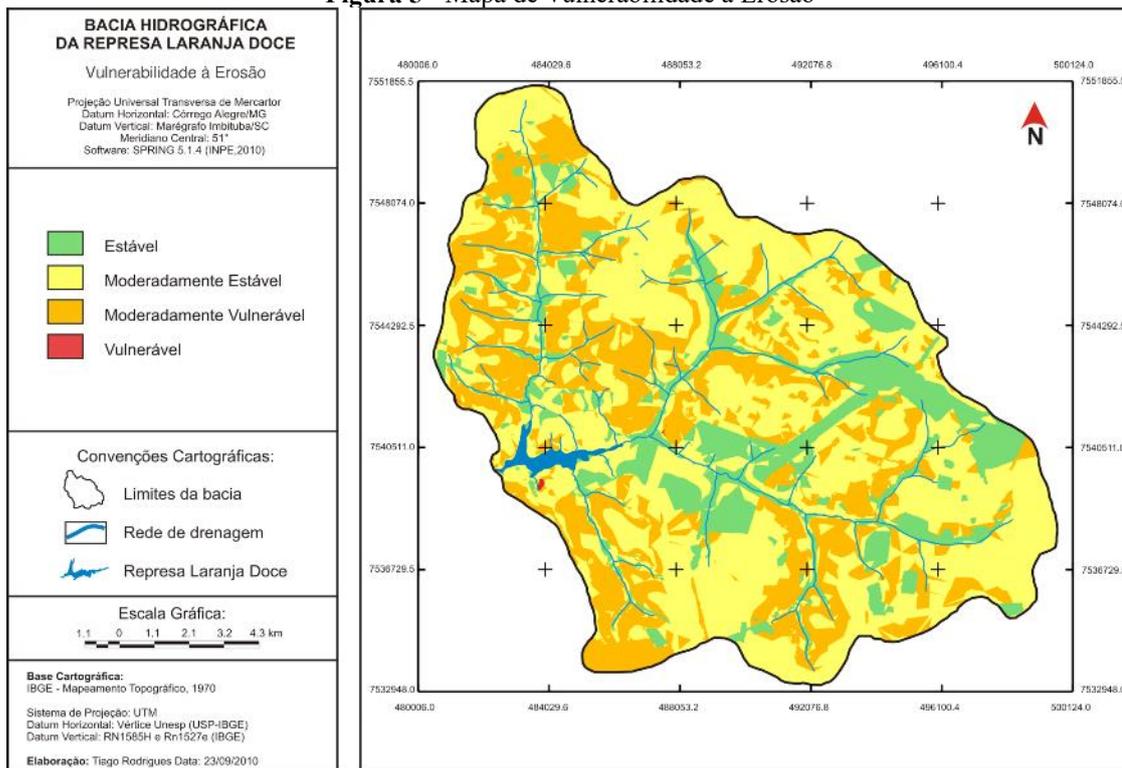
Para a classificação dos tipos de uso e ocupação da bacia, foram consideradas oito classes, sendo elas, água, culturas agrícolas, urbano, cidade balneária, matas, pastagens e solo exposto.

#### 4.2 Análise da vulnerabilidade aos processos erosivos na bacia hidrográfica da Represa Laranja Doce

O resultado do processo de integração dos dados realizado a partir da inferência por média ponderada, obtida pela programação em LEGAL, é o mapa de vulnerabilidade aos

processos erosivos, como apresenta a figura 5. Em seguida mensurou-se as percentagens das classes identificadas conforme mostra a tabela 10.

**Figura 5 - Mapa de Vulnerabilidade à Erosão**



**Tabela 10 - Área em km<sup>2</sup> das classes de vulnerabilidade aos processos erosivos e a escala de vulnerabilidade**

Vulnerabilidade	Classe	Área em Km <sup>2</sup>	Área em (%)
1,0 – 1,5	Estável	35.861.500	16,6
1,5 – 2,0	Moderadamente Estável	112.118.800	51,9
2,0 – 2,5	Moderadamente Vulnerável	65.000.400	30,1
2,5 – 3,0	Vulnerável	3.249.200	1,5
Área total das classes:		<u>216.229.900</u>	100,1

Cabe ressaltar que as classes de vulnerabilidade adotadas, assumem uma escala de grandeza conforme o estabelecido nas metodologias empregadas. Desse modo, as classes definidas como estáveis e moderadamente estáveis corroboram para os processos

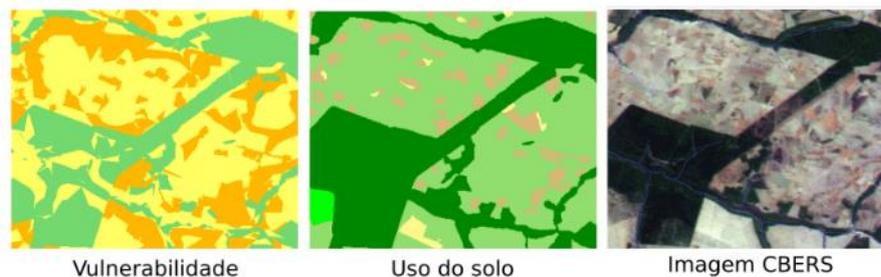
pedogenéticos, enquanto as classes moderadamente vulneráveis e vulneráveis estão associadas aos processos morfogenéticos. Os resultados obtidos são discutidos a seguir.

#### 4.2.1 Classe de vulnerabilidade estável

Esta classe, ocupa cerca de 17% da área total da bacia e compreende as áreas em que se encontram a maioria das unidades ambientais de Latossolos, do domínio das colinas amplas e de declividade entre 3 - 12%.

No entanto, é a presença de uma vegetação densa e preservada é o que melhor caracteriza esta classe, de modo que ela se encontra mais presente na porção leste do mapa e apresenta uma configuração semelhante a classe de matas do mapa de uso e ocupação da bacia, a Figura 6 exemplifica esta ocorrência.

**Figura 6** - Exemplificação da classe de vulnerabilidade estável

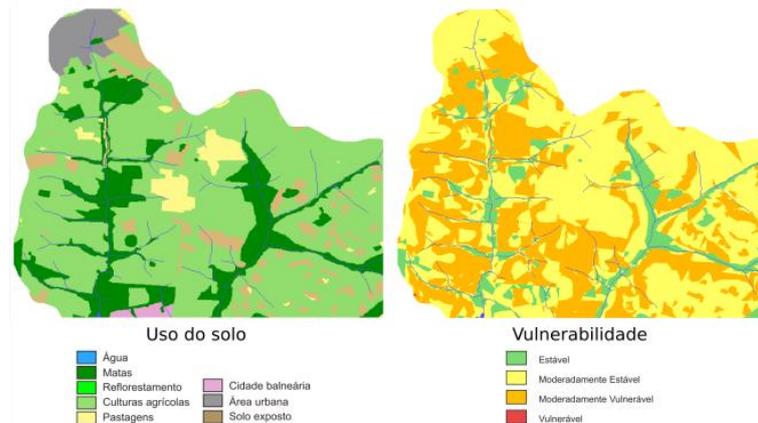


#### 4.2.2 Classe de vulnerabilidade moderadamente estável

A classe de vulnerabilidade moderadamente estável é a que se apresenta de forma mais expressiva na bacia e compreende 52% da área da bacia. Esta classe concentra-se principalmente nas áreas limites da bacia, aproximando as áreas de topos (ou divisores de água). São áreas em que se predominam os Latossolos, as classes de colinas amplas e de declividade baixa que se localizam de forma aplainada. Quanto às classes de uso e ocupação do solo, a vulnerabilidade moderadamente estável se aproxima principalmente das formas das classes de culturas, área urbana, cidade balneária e pastagens.

Ao apresentar diferentes formas de uso e proteção ao solo, esta classe compreende as áreas de maior pressão antrópica e suas atividades derivadas, influenciando diretamente no equilíbrio morfodinâmico da bacia. A figura 7 exemplifica a relação entre os tipos de uso e a classe de vulnerabilidade moderadamente estável.

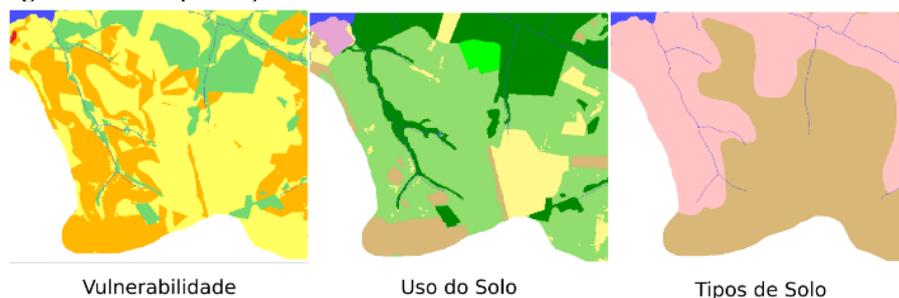
**Figura 7-** Exemplificação da classe de vulnerabilidade moderadamente estável



#### 4.2.3 Classes de vulnerabilidade moderadamente vulnerável e vulnerável

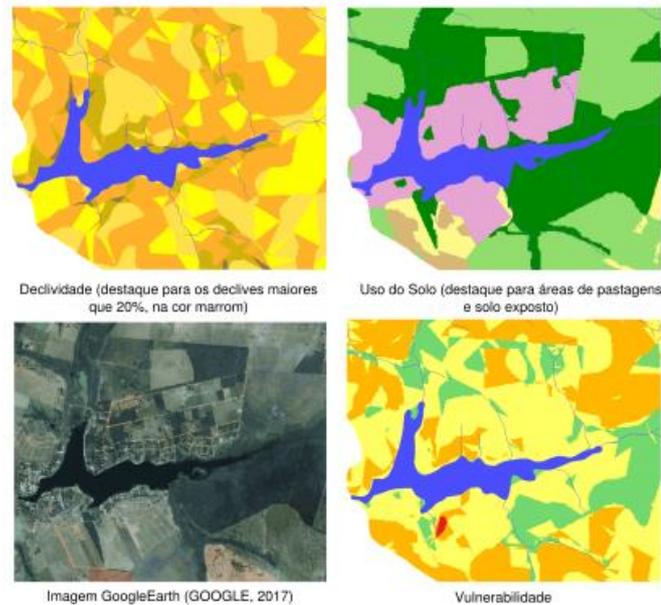
As classes de vulnerabilidade moderadamente vulnerável e vulnerável representam, respectivamente, 30% e apenas 1%. A classe moderadamente vulnerável compreende, principalmente, áreas em que se encontram os argissolos, as colinas amplas, e declividade média acentuada, 5 -12 e 12 - >20, onde predominam o uso de solos expostos e de culturas. A Figura 8 exemplifica uma das áreas de sua ocorrência.

**Figura 8 -** Exemplificação de ocorrência de área de classe moderadamente vulnerável



A classe de vulnerabilidade vulnerável está relacionada a áreas específicas, principalmente naquelas em que o declive é maior que 20%, que apresentam Argissolos e áreas de solo exposto. Essa classe é pouco expressiva, visto as características da bacia; no entanto, com situações ideais para a instalação de processos erosivos. A figura 9 abaixo demonstra esta ocorrência.

**Figura 9** - Exemplificação de ocorrência de área de classe vulnerável



Deve-se destacar que esses locais, em que ocorrem vulnerabilidade moderadamente vulnerável e vulnerável, possuem baixa densidade de cobertura vegetal e uso intensivo do solo (culturas e pastagens); portanto, não suficiente para impedir o predomínio de processos morfogenéticos. A continuidade destas atividades sem um devido planejamento e práticas conservacionistas do solo, podem agravar ainda mais a vulnerabilidade existente, bem como áreas estáveis assumirem este grau de vulnerabilidade.

#### 4.2.4 Aferição dos resultados

A fim de se aferir a veracidade do mapeamento desenvolvido frente a situação real da bacia, contrastamos os seus resultados frente a imagens Google Earth (GOOGLE, 2017) de outubro de 2010. O resultado desta aferição são as figuras 10, 11 e 12 que indicam as classes de vulnerabilidade moderada e vulnerável, além da ocorrência de diversos pontos com processos erosivos. Ao se analisar a correlação elaborada, nota-se a presença de diferentes tipos de processos erosivos lineares, no caso voçorocas, sulcos, ravinamentos e processos de assoreamento.

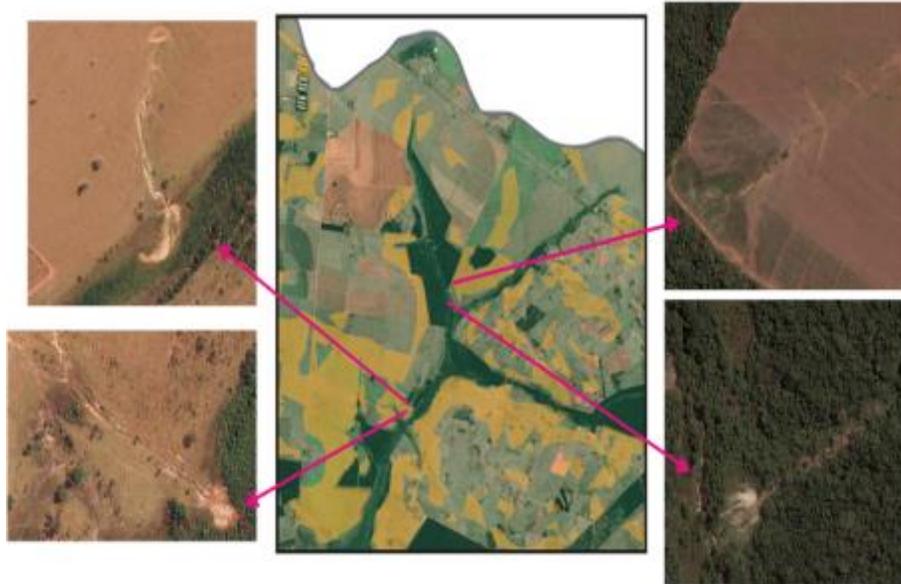
**Figura 10** - Correlação entre as classes de vulnerabilidade e a ocorrência de processos erosivos nas proximidades do Ribeirão Alegrete



As ravinas e voçorocas destacadas à esquerda, na Figura 10, são efeitos da drenagem fluvial urbana, de modo que a primeira imagem indica uma área em que não é definida como moderadamente vulnerável, enquanto a segunda sim. Do mesmo modo que a primeira imagem superior direita indica um processo de assoreamento, decorrente do processo erosivo a montante. Já a imagem inferior direita, aponta processos de assoreamento e erosão em uma área moderadamente vulnerável e é decorrente de atividades agropecuárias.

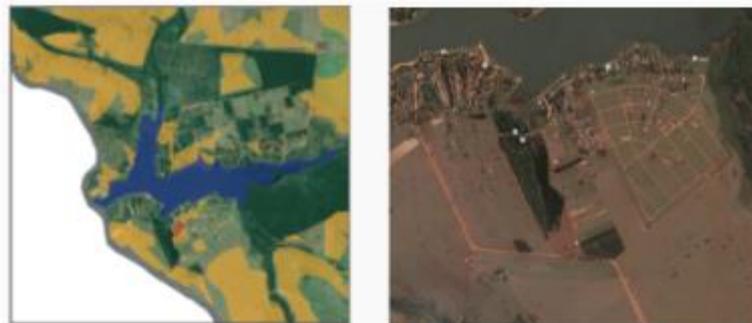
Na figura 11 se destacam processos erosivos de formação de sulcos e ravinas, decorrentes de atividades agrícolas e pecuárias. Na imagem inferior direita, aponta-se a formação de um processo de assoreamento advindo das atividades realizadas ao lado da mata em destaque. Ao que tudo indica o córrego era utilizado para dessedentação do gado.

**Figura 11** - Correlação entre as classes de vulnerabilidade e a ocorrência de processos erosivos nas proximidades do Córrego do Burrinho e Potrinho



Ao analisar a classe de vulnerabilidade identificada como vulnerável, que está localizada em um ponto próximo a represa Laranja Doce, não tem necessariamente um tipo de processo erosivo em evidência (Figura 12), mas contém elementos/condições que a torna mais sujeita a esses processos do que outras e isso decorrente das ações de proteção e manejo do solo, neste caso a área é uma zona úmida junto a uma nascente (olho d'água) voltada a represa (Figura 13).

**Figura 12** - Sobreposição das classes de vulnerabilidade na imagem GoogleEarth, ano de 2010 (GOOGLE, 2017), na porção sul da represa Laranja Doce



**Figura 13** - Área classificada como vulnerável, na porção direita, onde há vegetação e a área úmida em 2017



Nesse sentido, a análise permitiu identificar as áreas em que há a maior vulnerabilidade/probabilidade de ocorrência de processos erosivos. A correlação estabelecida evidencia que em grande parte da bacia há presença de diferentes tipos de processos erosivos lineares. Tais processos, conforme descrito por Guerra, Silva e Botelho (1999), de modo geral, têm sua origem e proporção relacionada à concentração do escoamento (ou fluxo) da água no solo, que resultam nas suas diferentes feições erosivas e que também podem ser potencializados pela ação do homem.

Tem-se como exemplo, o estágio acelerado das erosões nas cabeceiras do Ribeirão Alegrete, conforme já mostrado na Figura 10, enquanto que no restante da bacia apresentam-se, em sua maioria, em estágio moderado.

Quanto aos tipos de uso do solo destas áreas que contêm processos erosivos de classificação moderadamente vulnerável e vulnerável, há a presença de culturas agrícolas, atividades agropecuárias e, no caso das grandes ravinas e voçorocas, estas estão associadas a problemas decorrentes da drenagem urbana, devido a proximidade com o centro urbano de Martinópolis. Vale ressaltar, que os efeitos gerados por este problema (processo de voçorocamento) se estende por quase todo o Ribeirão Alegrete, de modo que em alguns pontos se encontram os acúmulos de sedimentos, cujo destino final é a represa Laranja Doce (Figura 10).

Logo, compreende-se que estes processos estão diretamente ligados as atividades humanas no uso do solo, e que são potencializados ao incidirem em áreas predispostas a processos erosivos. O mapa de vulnerabilidade destaca que as áreas mais propensas a ação de processos erosivos (classes moderadamente vulnerável e vulnerável) se encontram próximas aos cursos d'água. Isto ocorre, porque estas áreas apresentam declividade mais acentuada, já que são pontos íngremes das vertentes (baixas vertentes), com solos mais friáveis como os Argissolos, que combinado com o tipo de uso ou cobertura vegetal, pode potencializar essas

áreas aos processos erosivos. Ao mesmo tempo, as áreas classificadas como estáveis e moderadamente estáveis, são menos susceptíveis aos processos erosivos, pois são áreas em que predominam solos menos erodíveis, como os Latossolos, de terrenos mais aplainados, de cobertura vegetal mais densa ou usos menos intensivos.

## **5 Considerações finais**

A metodologia e as geotecnologias adotadas para a construção desta análise se mostraram satisfatórias, sendo seus resultados coerentes com a realidade da área de estudo. Constatamos que as áreas Moderadamente estáveis (52%) e Estável (17%) predominam em cerca de 70% da bacia e isso é decorrente das formas de uso do solo dessas áreas, no caso, as matas, as de reflorestamento e as de pastagens. Enquanto que as áreas Moderadamente vulnerável (30%) e vulnerável (1%) decorrem da combinação de usos do solo voltado a culturas agrícolas e solo exposto, junto as declividades entre 5% e >20%.

Compreende-se que os problemas ambientais ocorridos em determinada área interferem em toda a bacia e causa impactos diretos à represa Laranja Doce, como o processo de assoreamento e de degradação da qualidade da água.

A vulnerabilidade aos processos erosivos se dá em função das características das unidades do relevo (declividade, tipo de solo e geologia), a combinação das formas usos do solo (vegetação, pastagem, matas, área urbana e etc.) e, principalmente, inerente da ação do homem no Espaço Geográfico. O mapa de vulnerabilidade aos processos erosivos se torna uma aplicação para a identificação de áreas/ambientes a serem protegidas em função das formas de uso de solo, ao indicar áreas mais propensas à ocorrência de processos erosivos.

Portanto a realização de estudos como este pode contribuir para políticas de planejamento e gestão regional, bem como, contribuir como subsidio a novos trabalhos que enfoquem as questões aqui apresentadas.

## **Agradecimentos**

Este trabalho foi desenvolvido como parte dos requisitos para obtenção do grau de bacharelado em Geografia e contou com a ajuda de muitos colegas de graduação, em especial o Paulo Ponce com o manuseio e dúvidas no SIG e do forte incentivo do Professor José Tadeu Garcia Tommaselli.

## Referências

BOIN, M. N. **Chuvas e Erosões no Oeste Paulista : Uma Análise Climatológica Aplicada**. Rio Claro: Tese apresentada ao Curso de Pós- Graduação em Geociências - Área de Concentração em Geociências e Meio Ambiente, para a obtenção do Título de Doutor em Geociências, da Universidade Estadual Paulista - UNESP., 2000.

CREPANI, E. et al. **Curso de Sensoriamento Remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico**. São José dos Campos: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais - CEP, 1996.

CREPANI, E. et al. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 2001.

ESTADO DE SÃO PAULO. **Diagnóstico da Situação dos Recursos Hídricos no Pontal do Paranapanema - Relatório Zero, 1998**. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br>>. Acesso em: Jul. de 2010 e em Jul. 2017.

GOOGLE. **Google Earth Pro 8.1 - Nota - Martinópolis - São Paulo- Brasil**. Disponível em: <<https://www.google.com/earth/>>. Acesso em: 20 jul. de 2010 e em Jul. de 2017.

GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S. & BOTELHO, R.G.M., (orgs.) **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. SECRETARIA. **Mapeamento Topográfico**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/>>. Acesso em: 20 de jul. 2006.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. **Mapa**

**geomorfológico do Estado de São Paulo**, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Divisão de Minas e Geologia Aplicada, São Paulo, 1981.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Manual do Usuário SPRING, 2006**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/index.html>>. Acesso em: Jul. de 2006 e em 1 de jun. 2017.

PEREIRA, K. F. **Zoneamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica da Represa Laranja Doce – Martinópolis ( SP )**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia., 2012.

RIBEIRO, F. L.; CAMPOS, S. Vulnerabilidade à erosão do solo da região do Alto Rio Pardo, Pardinho, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 6, p. 628–636, 2007.

SANTOS, R. F. DOS. **Planejamento Ambiental – teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SERRANO, M. R. A. **Impactos da ocupação na cabeceira do Ribeirão Alegrete e junto à Fóz na Represa Laranja Doce, município de Martinópolis - SP.** Monografia de Bacharelado – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente-SP, 2009.

SILVA, A. C. M.; ANDRADE, M. A.; VILELA, N. G. **Contribuição à melhoria do turismo na represa Laranja Doce em Martinópolis-SP.** Monografia de Bacharelado – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente- SP, 1996.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: SUPRÉN - Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente, 1977.