



## **ANÁLISE INTEGRADA DAS OCORRÊNCIAS DOS ESCORREGAMENTOS TRANSLACIONAIS RASOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SAGRADO (MORRETES/PR)**

### **ANA PAULA MARÉS MIKOSIK**

Discente de Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná. Centro Politécnico - Bloco V - Sala PH14, Jardim das Américas, 81531-990 - Curitiba, PR - Brasil - Caixa-Postal: 19001, Telefone: (41) 33613457, e-mail: [anammikosik@hotmail.com](mailto:anammikosik@hotmail.com)

### **ALEXEI NOWATZKI**

Discente de Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná. Centro Politécnico - Bloco V - Sala PH14, Jardim das Américas, 81531-990 - Curitiba, PR - Brasil - Caixa-Postal: 19001, Telefone: (41) 33613457

### **FELIPE SANTOS ABREU**

Discente de Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná. Centro Politécnico - Bloco V - Sala PH14, Jardim das Américas, 81531-990 - Curitiba, PR - Brasil - Caixa-Postal: 19001, Telefone: (41) 33613457

### **EDUARDO VEDOR DE PAULA**

Doutorando em Geografia, Universidade Federal do Paraná. Centro Politécnico - Bloco V - Sala PH14, Jardim das Américas, 81531-990 - Curitiba, PR - Brasil - Caixa-Postal: 19001, Telefone: (41) 33613457

### **LEONARDO JOSÉ CORDEIRO SANTOS**

Doutor em Geografia, Universidade São Paulo. Centro Politécnico - Bloco V - Sala PH14, Jardim das Américas, 81531-990 - Curitiba, PR - Brasil - Caixa-Postal: 19001, Telefone: (41) 33613457

### **IRANI DOS SANTOS**

Doutor em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Politécnico - Bloco V - Sala PH14, Jardim das Américas, 81531-990 - Curitiba, PR - Brasil - Caixa-Postal: 19001, Telefone: (41) 33613457

## **RESUMO**

A área de estudo deste trabalho é a bacia hidrográfica do rio Sagrado (Morretes/PR) localizada na Serra do Mar, caracterizada por altas declividades, solos rasos e expressivos índices pluviométricos que favorecem a ocorrência de escorregamentos translacionais. Essas características foram inseridas no modelo Sinmap para sua calibração e implementação de simulações, a partir das quais confeccionou-se um mapa de suscetibilidade à ocorrência de escorregamentos translacionais rasos, sendo o mesmo validado a partir do mapeamento das cicatrizes decorrentes de movimentos de massa. Os resultados foram relacionados às APP's referentes às linhas de cumeadas e porções cuja declividade mostrou-se acima de 45°.

**Palavras-chave:** Escorregamentos translacionais, Sinmap, APP's.



## ABSTRACT

The study area of this work is the hydrographic basin of Sagrado river (Morretes / PR) located in the Serra do Mar, with high slopes, shallow soils and high rainfall rates that allow the occurrence of translational landslides. These features are inserted in the SINMAP to calibrate it, this way the model simulates them, and generates a map of landslides' susceptibility validated by the mapping the scars of mass movement. The susceptibility map indicates the most susceptible points to the translational landslides, in Ridge Lines and Slopes above 45° APP's areas.

**Key-words:** Translacional Landslides, Sinmap, APP's.

## 1 INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do rio Sagrado, como mostra a Figura 1, situa-se no município de Morretes no Paraná e apresenta área de 137,7 km<sup>2</sup>, possui características predominantemente associadas a Serra do Mar, na qual encontra-se inserida, tais como: declividades acentuadas do relevo, conseqüentemente solos não muito profundos, índices pluviométricos intensos (principalmente representado pela ocorrência de chuvas orográficas) e densa cobertura vegetal (Marés Mikosik *et al.*, 2009a, 2009b).

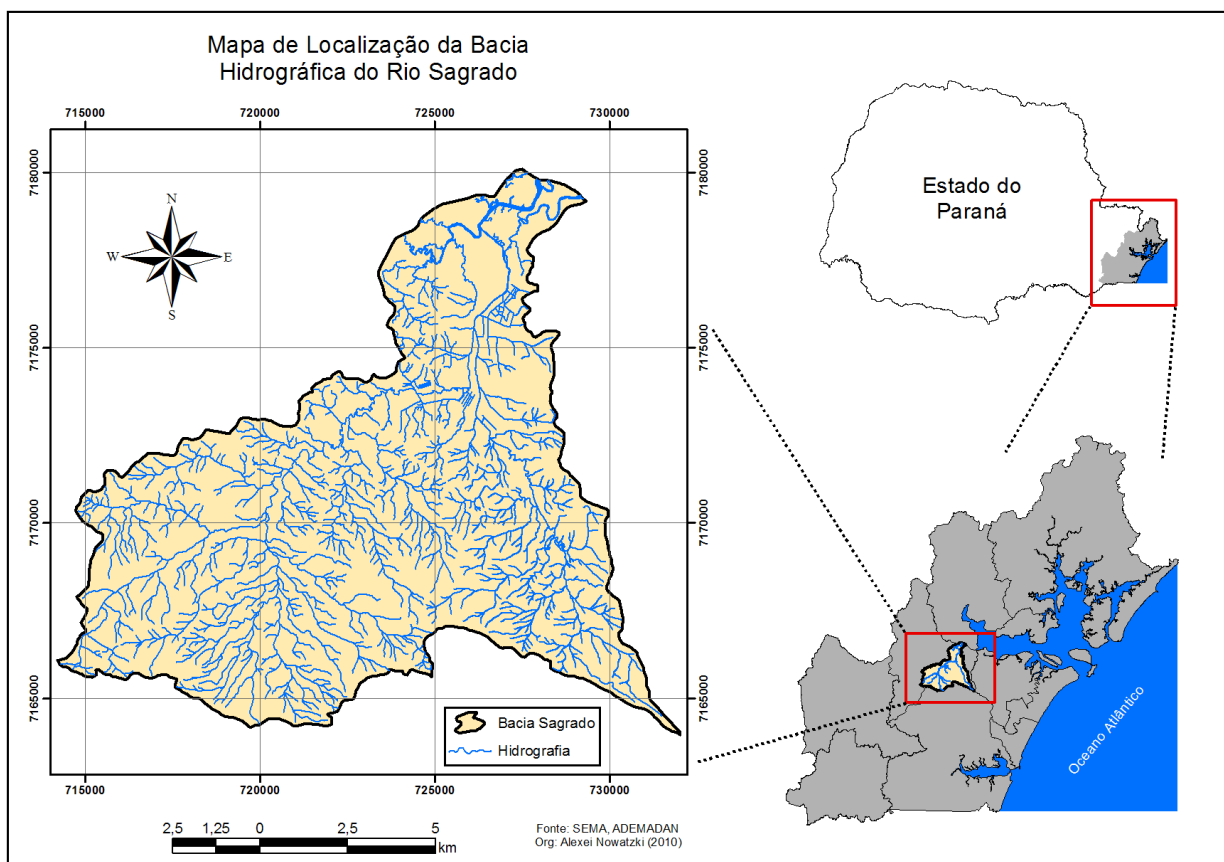


Figura 1 Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Sagrado.



A conformação apresentada pela bacia hidrográfica do rio Sagrado garante à área uma geodinâmica da evolução das vertentes que ocasionam a ocorrência de movimentos translacionais rasos em declividades nas quais estão localizadas as Áreas de Preservação Permanente (APP's) de Linha de Cumeada e porções cuja declividade mostrou-se acima de 45°.

Segundo o Código Florestal Brasileiro, uma APP deve ser um espaço físico-natural protegido, livre de qualquer atividade para ter como finalidade a manutenção das relações "geoecológicas" do ambiente. Assim sendo, a preservação das APP's de Linha de Cumeada e porções com Declividades acima de 45° é necessária devido a funcionalidade que essas confere ao meio; ou seja, a existência delas é de suma relevância para que haja a busca pelo equilíbrio geomorfológico nas vertentes em que ocorrem os escorregamentos translacionais.

Com o intuito de entender as causas dos movimentos de massa como também poder prever e prevenir, caso necessário, novas ocorrências nas vertentes da bacia fez-se uso do modelo Sinmap (*Stability INDEX MAPping*), o qual auxiliou a entender eventos passados para caracterizar os futuros padrões de instabilidade e, identificar as porções suscetíveis aos escorregamentos translacionais rasos.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é discutir a importância da preservação das APP's de Linha de Cumeada e Declividades acima de 45°, já que configuraram-se como áreas onde ocorreram os escorregamentos translacionais rasos, tendo como produto a geração dos cenários de suscetibilidade advindos do Sinmap, os quais receberam validação por meio do "Mapa Inventário das Cicatrizes de Movimento de Massa" (Marés Mikosik *et al.*, 2009a, 2009b) na bacia hidrográfica do rio Sagrado.

## 2 METODOLOGIA

O modelo de estabilidade de encostas, Sinmap, fez uso de informações cartográficas e físicas do local de estudo. As primeiras são base para os mapas de declividade e índice geomorfológico, a segunda é para a calibração da simulação (Lopes *et al.*, 2009).

Para a simulação do Sinmap são necessários os mapas de declividade e índice geomorfológico os quais foram obtidos a partir da geração de um MDT (Modelo Digital do Terreno) hidrologicamente consistido (Lopes *et al.*, 2008) com resolução espacial de 10 metros. Essa consistência elimina as depressões e evita a ocorrência de declividades nulas.

O modelo Sinmap utiliza os parâmetros físicos do solo: transmissividade, coesão e ângulo de atrito cujos valores foram definidos a partir de análises realizadas por Kozciak (2005) na Bacia do Rio Marumbi próxima ao local de estudo e transferidos para os solos locais de mesma tipologia. Outro parâmetro utilizado é a precipitação total diária que foi extraído da estação Véu de Noiva, código 02548002, com coordenadas -25:26:0 e -48:57:0 e altitude 680. A precipitação diária mais elevada entre as décadas de 1950 e 2000, período do estudo, ocorreu em 1962 com total de 160mm no dia 30 de outubro, com total mensal de 657, 8mm.

Os parâmetros foram inseridos de forma distribuída a partir de cinco regiões de calibração definidas de acordo com os seguintes tipos de solo: Cambissolo Háplico associado à Neossolo Litólico, Cambissolo Háplico associado à Argissolo Vermelho Amarelo, Cambissolo Háplico associado a Latossolo Vermelho Amarelo e Cambissolo Distróficos. O modelo considera a incerteza associada a obtenção das características do solo permitindo a definição de uma faixa de variação dos parâmetros pela inserção de valores mínimos e máximos.

O resultado da simulação consiste em um mapa de suscetibilidade à escorregamentos (dividido em 6 classes variando do estável ao muito instável), bem como uma análise estatística que



mostra a ocorrência dos escorregamentos mapeados em relação às áreas de instabilidade calculadas pela simulação.

A fim de se comparar e validar o resultado do modelo obtido por essa calibração foram adicionados os 8 escorregamentos translacionais rasos oriundos do “Mapa Inventário de Cicatrizes de Movimento de Massa”, pertencente ao período de 1954 a 2009, correspondente a bacia hidrográfica do rio Sagrado. Um melhor detalhamento do mapeamento pode ser obtido nos trabalhos elaborado por Marés Mikosik *et al.* (2009a, 2009b) em que consta a descrição completa dos escorregamentos identificados na bacia.

Posteriormente, analisou-se as categorias de APP's presentes na bacia hidrográfica do rio Sagrado de acordo com o mapeamento apresentado por Nowatzki *et al.* (2009a, 2009b) no qual foi feito um levantamento de todas as categorias de APP's que contemplam a bacia hidrográfica do rio Sagrado, de acordo com o Código Florestal Brasileiro (Brasil, 2001), a Resolução CONAMA 302/02 (Brasil, 2002a) e a Resolução CONAMA 303/02 (Brasil, 2002b). Neste trabalho os autores demonstram todos os passos necessários para a delimitação das categorias de APP's presentes dentro da bacia hidrográfica do rio Sagrado utilizando Cartografia Digital e SIG (Sistema de Informações Geográficas).

O panorama supracitado permitiu que se efetuasse o cruzamento das seguintes informações: escorregamentos translacionais rasos procedentes do “Mapa Inventário de Cicatrizes de Movimento de Massa”, o mapa de suscetibilidade gerado pelo Sinmap e o levantamento das categorias de APP's realizado por Nowatzki *et al.* (2009a, 2009b). A partir disso, as APP's de Linha de Cumeada e Declividades acima de 45° apresentaram-se como àquelas em que ocorreram os escorregamentos translacionais e, conseqüentemente, como as áreas mais instáveis segundo o Mapa de Suscetibilidade.

### 3 DESENVOLVIMENTO

#### 3.1 Resultados

De acordo com a análise integrada dos mapas de Escorregamentos Translacionais, de APP's, e de Suscetibilidade, Figuras 2, 3 e 4, respectivamente, verifica-se no detalhamento da Figura 5, que os índices de estabilidade obtidos pelo Sinmap nas áreas pouco instáveis, instáveis e muito instáveis correspondem aos locais dos escorregamentos translacionais obtidos por Marés Mikosik *et al.* (2009) dentro da bacia hidrográfica do rio Sagrado, os quais também coincidem com as categorias de APP's de Linha de Cumeada e Declividades acima de 45° delimitadas por Nowatzki *et al.* (2009).

Dentre os oitos escorregamentos translacionais, um está localizado na categoria Muito Instável, cinco estão localizados em áreas enquadradas na categoria Instável, enquanto que somente um se localiza na categoria Moderadamente Instável e um na categoria Estável conforme avaliação estatística gerada pelo modelo e exibida na Tabela 3, que representa a região de calibração caracterizada pela presença de Cambissolos Háplicos associados a Neossolos Litólicos. Destes mesmos escorregamentos, sete se encontram na APP de categoria Linha de Cumeada, e apenas um na categoria Declividades acima de 45°.

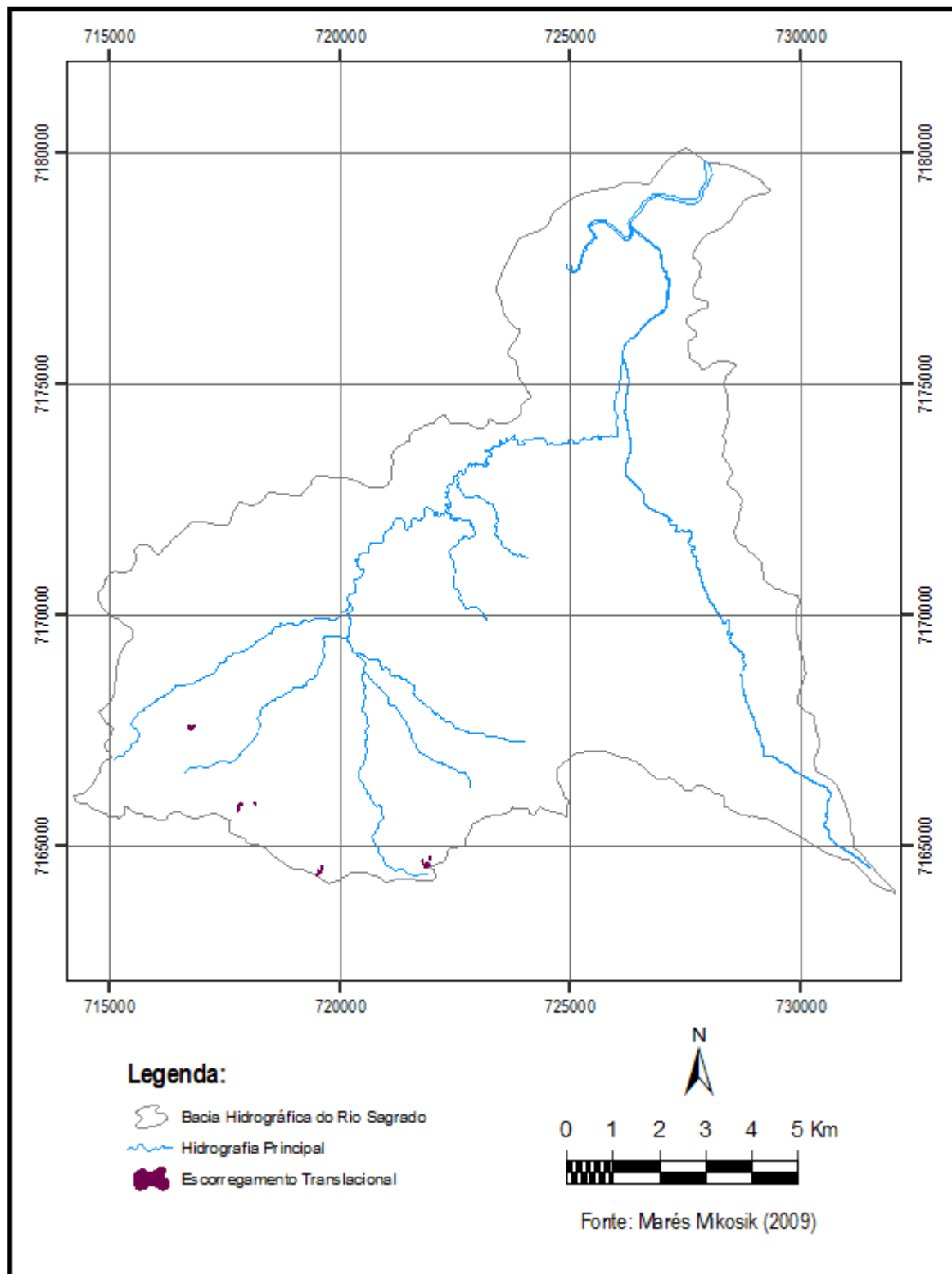


Figura 2 Mapa de localização dos escorregamentos translacionais na bacia hidrográfica do rio Sagrado.

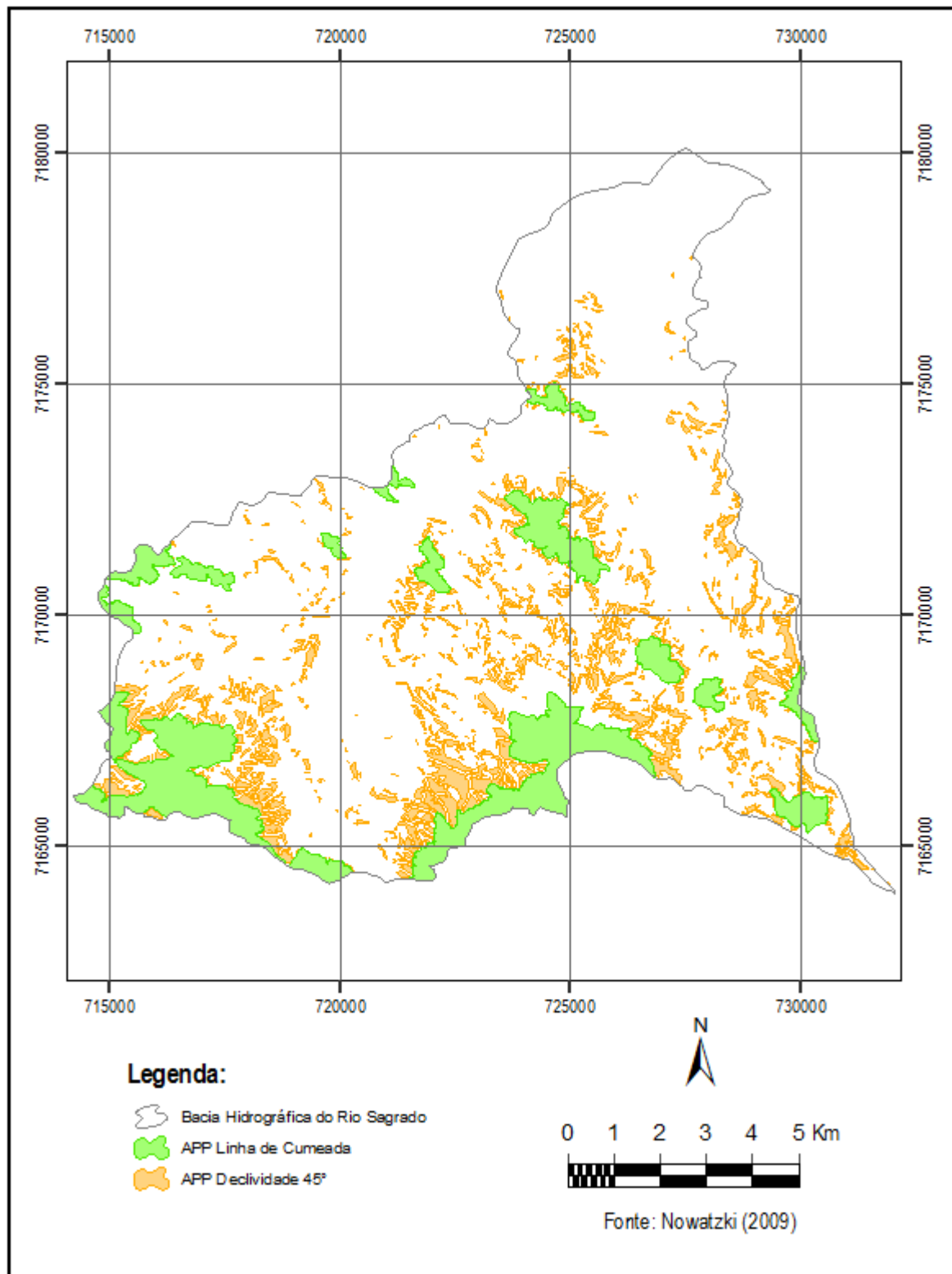


Figura 3 Mapa de localização das APP's de Linha de Cumeada e Declividades acima de 45° na bacia hidrográfica do rio Sagrado.



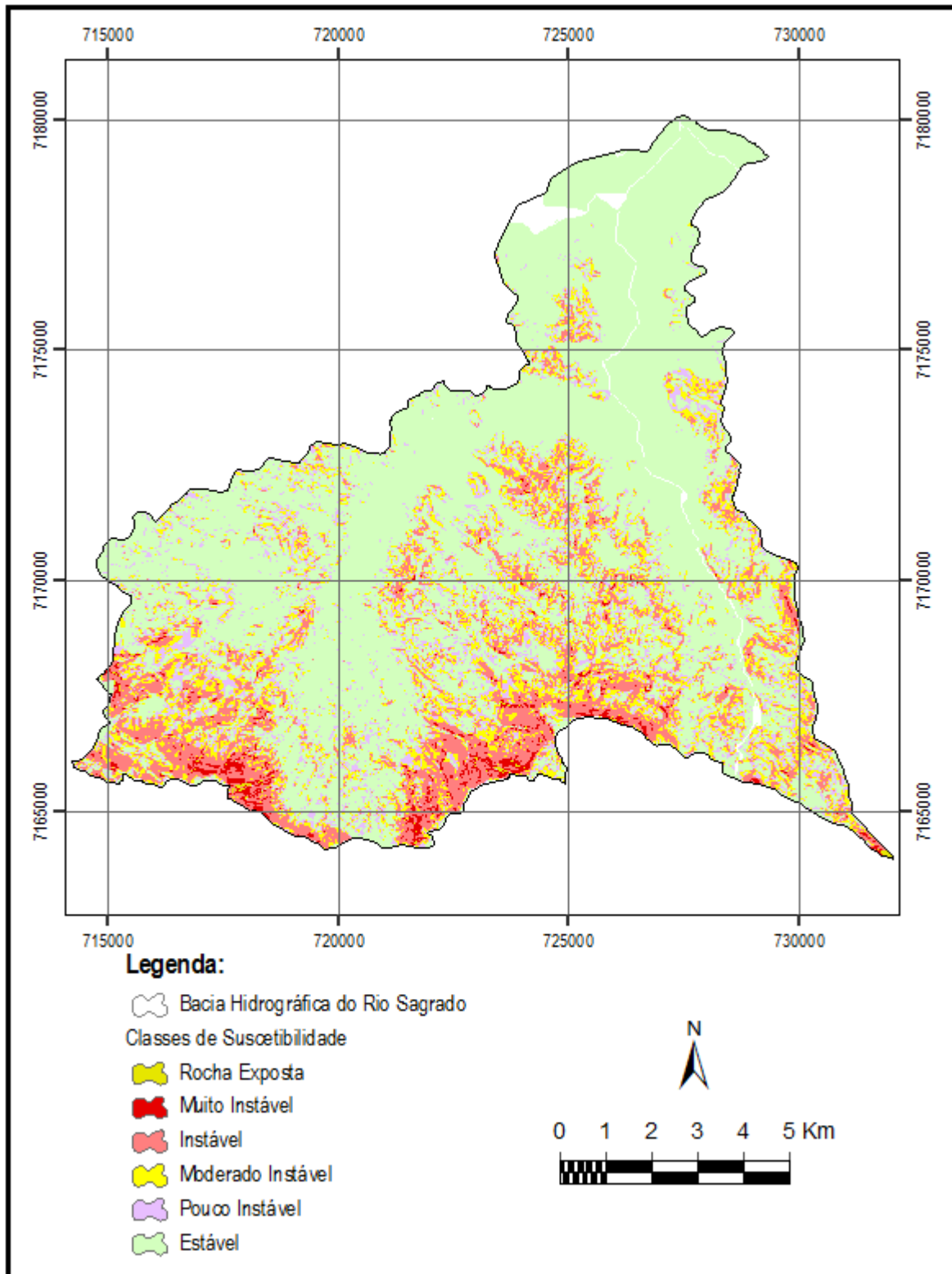


Figura 4 Mapa de suscetibilidade a escorregamentos translacionais na bacia hidrográfica do rio Sagrado.

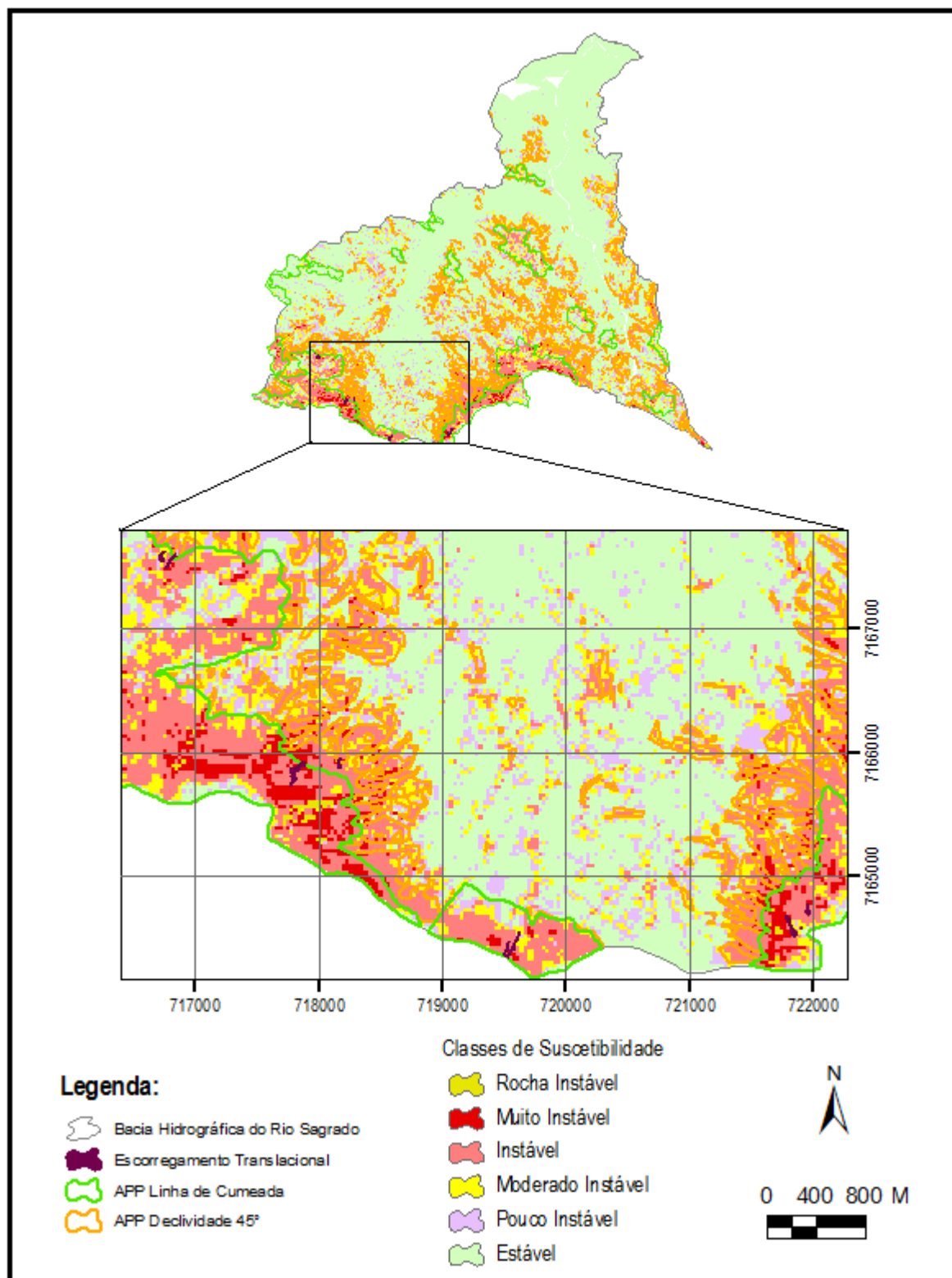


Figura 5 Detalhe da associação da suscetibilidade a escorregamentos translacionais em APP's de Linha de Cumedeia e Declividades acima de 45° na bacia hidrográfica do rio Sagrado.





Tabela 3 Análise estatística gerada pelo modelo Sinmap.

REGIÃO 3	Estável	Pouco instável	Moderadamente instável	Instável	Muito instável	Rocha exposta
Área	8.5	5	6.9	11.7	1.8	0.1
% região	24.9	14.8	20.3	34.3	5.2	0.4
nº de deslizamentos	1	0	1	5	1	0
% de deslizamentos	12.5	0	12.5	62.5	12.5	0
Deslizamentos/km <sup>2</sup>	0.1	0	0.1	0.4	0.6	0

### 3.2 Discussão

As APP's têm um papel fundamental na manutenção dos ecossistemas. Conforme destacam Mascarenhas *et. al.* (2009) existe uma preocupação com relação a preservação dos ecossistemas que está presente na Constituição Federal, em seu artigo 225, na qual garante a todos o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado. Mascarenhas *et. al.* (*op. cit.*) argumentam que “um importante instrumento de proteção do meio ambiente está disciplinado no artigo 2º do Código Florestal brasileiro, Lei 4.771/1965, que inclui as Áreas de Preservação Permanente (APP). Essas áreas têm como função precípua a preservação dos recursos hídricos e a biodiversidade”.

O Código Florestal estabelece como Área de Preservação Permanente aquela que deve estar coberta por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas acima de tudo.

Ao se pensar na categoria APP de Linha de Cumeada, devemos ter em mente o porquê da sua preservação, os morros e as montanhas que formam as linhas de cumeada são imprescindíveis para a preservação do ambiente envolvido em função da inclinação (declividade) das suas encostas, pois para ser morro ou montanha, além da sua amplitude altimétrica, pelo menos uma das vertentes deve se encontrar com uma inclinação maior que 30%, ou 17º (além de que nestes locais existe uma grande quantidade de nascentes).

A partir dessa visão, os processos erosivos e movimentos de massa são potencialmente maiores nas áreas com altas declividades e principalmente se as encostas estiverem ausentes de vegetação natural e com diferentes graus de ocupação. Nestes casos os processos podem se tornar ainda mais acelerados quando a quantidade de chuvas for mais intensa.

O mapeamento dos escorregamentos translacionais feito na área de estudo com base em fotografias aéreas e imagens de satélite comprovou que estes se localizam em áreas com altas declividades e solos rasos, sendo que dos oito escorregamentos identificados, sete deles se encontram dentro da delimitação da APP de Linha de Cumeada, enquanto um se encontra na delimitação de APP para Declividades acima de 45º, comprovando a importância de se preservar permanentemente essas áreas.

O estudo e delimitação das APPs e o mapa dos escorregamentos translacionais para a bacia hidrográfica do rio Sagrado validam a simulação feita com o modelo de estabilidade de encostas Sinmap. De acordo com o mapa de suscetibilidade gerado pelo modelo, que é baseado em dados físicos e meteorológicos da área, sete dos oito deslizamentos mapeados caíram em áreas com potencial para ocorrência de deslizamentos, conforme Tabela 3. Essas áreas coincidem com a delimitação das linhas de cumeada e com as áreas que apresentam



declividade acima de 45 graus. Isso mostra a potencialidade da modelagem para fins de monitoramento de movimentos de massa em áreas de proteção permanente.

## 4 CONCLUSÕES

A tentativa de se correlacionar os trabalhos desenvolvidos no âmbito do Laboratório de Biogeografia e Solos e Laboratório de Hidrogeomorfologia do Departamento da Geografia da Universidade Federal do Paraná mostrou-se satisfatória, já que permitiu uma análise integrada da bacia hidrográfica do rio Sagrado (Morretes/Paraná) no que se refere a suscetibilidade da mesma em relação aos escorregamentos translacionais.

Os resultados reforçaram a importância de se preservar as APP's de Linha de Cumeada e Declividades acima de 45°, pois elas têm o papel de manter as relações geoecológicas do ambiente.

O modelo de estabilidade Sinmap se mostrou robusto ao proporcionar bons resultados, entretanto esses resultados são ainda preliminares visto que demanda uma evolução das pesquisas ao longo do projeto.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Lei Federal nº 4771/65, de 15 de setembro de 1965, alterada pela Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001. Brasília, DF: Congresso Nacional, 2001.
- BRASIL. Resolução do CONAMA 302, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Brasília, DF: Congresso Nacional, 2002a.
- BRASIL. Resolução do CONAMA 303, de 20 de março de 2002, Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Brasília, DF: Congresso Nacional, 2002b.
- KOZCIAK, S. Análise Determinística da Estabilidade de Vertentes na Bacia do Rio Marumbi – Serra do Mar – Paraná. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental) –Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- LOPES, F.C.A. & SANTOS, I. “Calibração de Modelo de Estabilidade de Encosta em Bacia Hidrográfica na Serra do Mar do Estado do Paraná”. Anais do XVII EVINCI e II EINTI, UFPR, 2008.
- LOPES, F.C.A. & SANTOS, I. “Proposta Metodológica para Elaboração de Modelos Digitais de Terreno Hidrologicamente Consistentes”. In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2009, Viçosa - MG. XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada - A Geografia Física Aplicada e as dinâmicas de apropriação da natureza, 2009.
- MARÉS MIKOSIK, A.P.; PAULA, E.V. ; MESQUITA, C.; SANTOS, L.J.C. "Caracterização das Cicatrizes de Movimentos de Massa na Bacia Hidrográfica do Rio Sagrado (Morretes/PR). In: Eliane Bêe Boldrini; Eduardo Vedor de Paula. (Org.). Gestão Ambiental Portuária: Subsídios para o Licenciamento das Dragagens. 1 ed. : , 2009a, v. , p. 179-189.
- MARÉS MIKOSIK, A.P.; PAULA, E.V.; SANTOS, L.J.C. Espacialização das Cicatrizes de Movimento de Massa na Bacia Hidrográfica do Rio Sagrado (Morretes/PR): Subsídios à Delimitação das Áreas Prioritárias à Recuperação Ambiental. In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2009, Viçosa. XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada - A Geografia Física Aplicada e as dinâmicas de apropriação da natureza, 2009b.



- MASCARENHAS, L.M.A.; FERREIRA, M.E.; FERREIRA L.G. Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na bacia do rio Araguaia. Revista Sociedade & Natureza, V. 21, N. 1, Uberlândia, 2009.
- NOWATZKI, A.; PAULA, E.V.; SANTOS, L.J.C. Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente na Bacia Hidrográfica do Rio Sagrado (Morretes/PR) e Avaliação do seu Grau de Conservação.. In: Eliane Beê Boldrini; Eduardo Vedor de Paula. (Org.).. (Org.). Gestão Ambiental Portuária: Subsídios para o Licenciamento das Dragagens. 1 ed. Antonina: ADEMADAN, 2009a, v. , p. 161-178.
- NOWATZKI, A.; PAULA, E.V.; SANTOS, L.J.C. Delimitação das Áreas de Proteção Permanente e avaliação do seu grau de conservação na bacia Hidrográfica do Rio Sagrado (Morretes/PR). In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2009, Viçosa - MG. XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada - A Geografia Física Aplicada e as dinâmicas de apropriação da natureza, 2009b.