

## Avaliação de vulnerabilidade à perda de solo da bacia hidrográfica do Rio Icamaquã – RS

Lucas Noremberg Scotto<sup>1</sup>  
Manoel de Araújo Sousa Júnior<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria - UFSM  
Camobi 97110-970 - Santa Maria, RS – Brasil  
lucasscotto@bol.com.br; manoel@ufsm.br

**Abstract.** The management for sustainable use of natural resources implies obtaining knowledge regarding environmental constraints and potentials; this study aimed to identify the degree of vulnerability to loss of soil Icamaquã River basin, Pampa biome of Rio Grande do Sul; The methodology uses Landsat5/TM orbital images and information about the area as geomorphology, geology, podology, climate and land cover and uses to evaluate the processes of landscape change seamlessly into a geographic information system; The results organized in a database have identified a class of vulnerable and predominant stability, defined as moderately vulnerable represents 47% of the watershed and at least 72% of the area is covered by native vegetation; This information integrated into units allowed the basic query of useful information for planning activities and watershed management.

**Palavras-chave:** environmental zoning, geographic information systems, pampa biome, zoneamento ambiental, sistema de informação geográfica, bioma pampa.

### 1. INTRODUÇÃO

Os problemas associados à falta de gerenciamento dos recursos naturais têm acarretado a degradação e escassez destes. Dentre os fatores que limitam as ações de controle, está a falta de informação científica para orientar os gestores quanto à fragilidade do ambiente e evitar a tomada de decisões equivocadas.

Segundo Silva (2011), esta necessidade de planejamento ambiental para a ocupação racional e o uso sustentável dos recursos naturais é um processo contínuo, que envolve a coleta, a organização e a análise sistematizada da informação por procedimentos metodológicos.

A busca por alternativas que possibilitem a preservação da paisagem natural, sobretudo dos remanescentes de vegetação que sofrem constante pressão por diversas formas de exploração, adotam como referência os conhecimentos quanto à vulnerabilidade natural. Conforme as propostas de zoneamento ambiental que procuram definir as fragilidades e potencialidades de uma paisagem, a principal preocupação está associada à degradação dos solos, devido à relação com os processos produtivos e com o desenvolvimento econômico das populações (NARDIN, 2009).

Conforme Cermin et.al.(2012), a utilização de sistemas de informações geográficas (SIG's) permite obter um conjunto de informações ambientais para análise e compreensão dos elementos que compõem a paisagem, necessários para a elaboração do zoneamento ambiental.

A adoção da bacia hidrográfica como unidade para conservação dos recursos naturais esta relacionada à possibilidade de avaliar em determinada área geográfica, seu potencial de desenvolvimento e produtividade biológica, para determinar a melhor forma de aproveitamento dos mesmos com o mínimo de impacto ambiental (PIRES; SANTOS; PRETTE, 2008).

Sendo a erosão do solo responsável por uma série de impactos ambientais como assoreamento de corpos d'água, inundações e perda de solo, o planejamento e gerenciamento de bacias hidrográficas proporciona o uso sustentável ao estar relacionado à vulnerabilidade do ambiente, pois permitem adequar as atividades antrópicas consideradas nesse contexto.

O recente interesse de pesquisa dos sistemas campestres do Rio Grande do Sul e a

definição de áreas prioritárias à preservação do bioma Pampa pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) indicam a importância de conhecer as particularidades deste bioma. Ainda há poucos estudos que avaliam as características desses campos quanto à vulnerabilidade natural a perda de solo, visto que se trata de um ecossistema único, devem-se conhecer suas restrições para que seja possível obter o uso sustentável. Desse modo, considerando as características ecológicas referentes ao bioma Pampa, buscou-se neste trabalho caracterizar o grau de vulnerabilidade à perda de solo na bacia hidrográfica do Rio Icamaquã, a qual ainda apresenta remanescentes de vegetação natural (Figura 1).

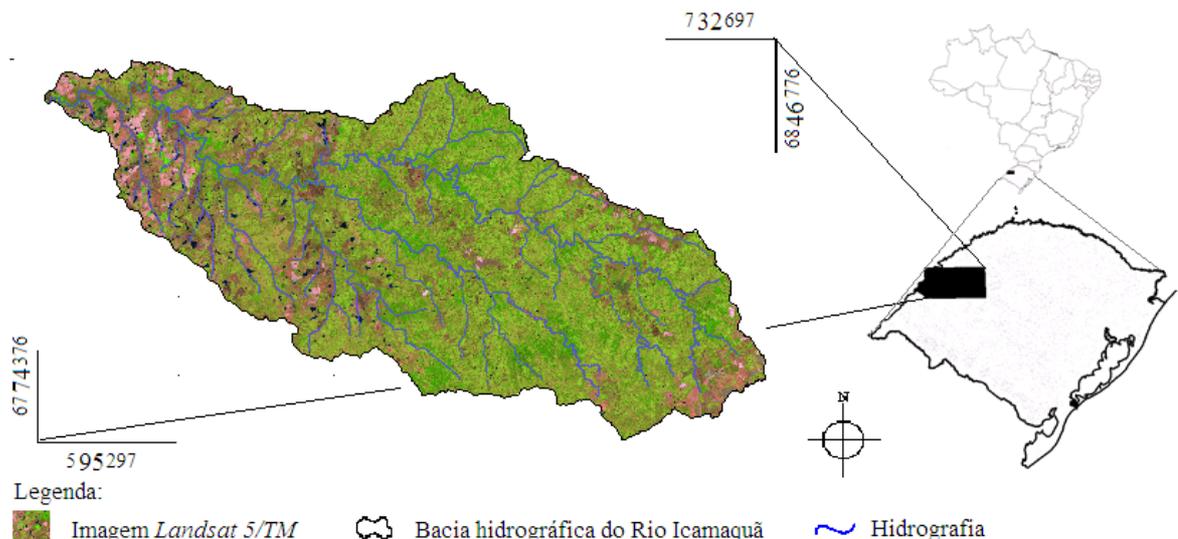


Figura 1 – Localização da área de estudo.

A bacia hidrográfica do Rio Icamaquã faz parte das onze bacias hidrográficas que compõem a região hidrográfica do Rio Uruguai e de acordo do o MMA (2007), apresenta área definidas de extremamente alta importância à preservação da biodiversidade. A vegetação característica do bioma Pampa da qual restam apenas 23% da área total devido à pressão antrópica é composta basicamente de gramíneas, herbáceas e algumas árvores (PAIM, 2007).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia adotada para gerar a carta de vulnerabilidade à perda de solo para a bacia hidrográfica do Rio Icamaquã seguiu a proposta desenvolvida por Crepani et.al. (2001). Esta metodologia considera na avaliação a contribuição dos temas de geomorfologia, geologia, pedologia, clima e uso e cobertura do solo para o processo de pedogênese/morfogênese e define a ponderação correspondente entre 1 e 3. Estes temas são integrados em Unidades Territoriais Básicas (UTB's) através da média aritmética da ponderação e obtido o valor de estabilidade/vulnerabilidade conforme estabelecido em um intervalo de 21 classes.

A avaliação dos temas considerados neste trabalho quanto à vulnerabilidade à perda de solo foram realizados em cinco etapas que abrangem: a seleção dos dados, edição e processamento dos dados, avaliação e ponderação dos temas, integração dos temas e a análise do resultado de vulnerabilidade à perda de solo da área de estudo, conforme ilustra o fluxograma apresentado na Figura 2.

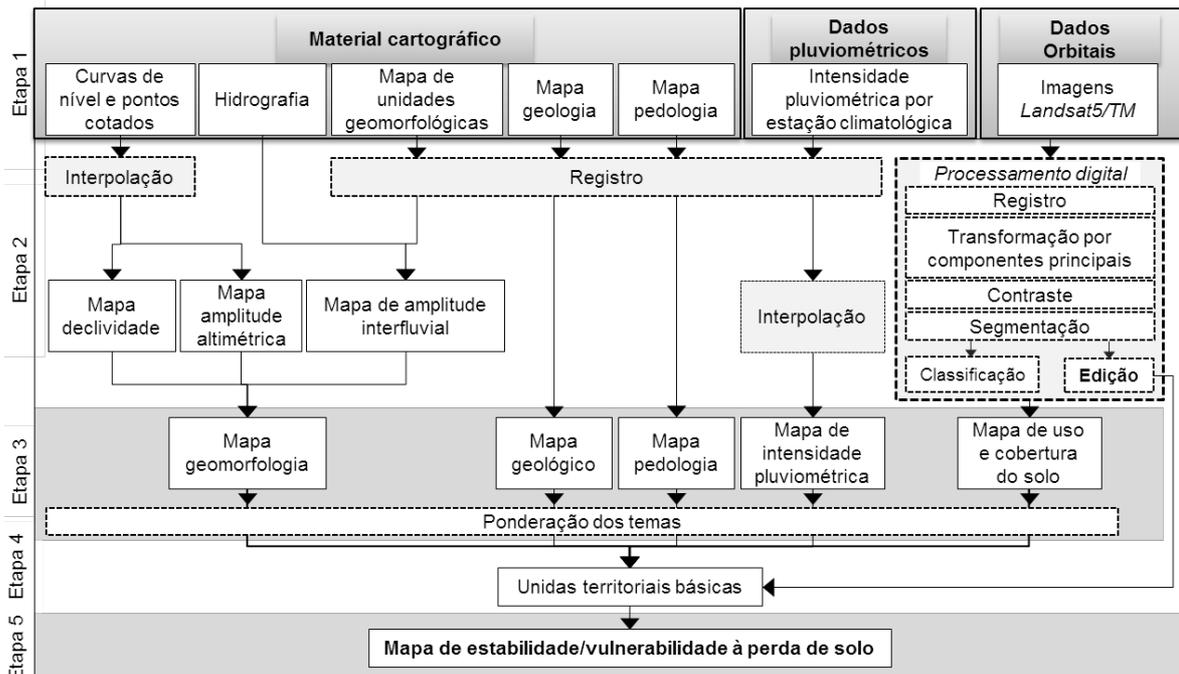


Figura 2 - Fluxograma metodológico para gerar a carta de vulnerabilidade à perda de solo.

A Etapa 1 compreendeu tanto a busca por materiais cartográficos, temáticos, orbitais, informações climáticas existentes disponíveis em *sites* oficiais, assim como referências bibliográficas que possibilitassem a melhor caracterização da área em estudo e dos processos de pedogênese/morfogênese. Nesse sentido foram considerados os dados pluviométricos de 21 estações climatológicas monitoradas pela Agência Nacional das Águas distribuídas na área de estudo e entorno para calcular os valores de intensidade pluviométrica. O material cartográfico compreende os mapas temáticos de geologia, geomorfologia, pedologia obtido através da Folha São Borja (SH.21-X-A), Folha Santo Ângelo (SH.21-X-B), Folha Alegrete (SH.21-X-C) e Folha Santiago (SH.21-X-D) elaboradas pelo IBGE na escala 1:250.000. Para definição das classes de cobertura do solo, a classificação da vegetação adotada seguiu a proposta por Weber e Hasenack (2004) na escala de 1:250.000. Para representar a geomorfologia foi considerado os valores altimétricos de isolinhas e pontos cotados organizados por Hasenack e Weber (2010) a partir de cartas topográficas em escala de 1:50.000.

Os dados orbitais compreenderam a seleção de imagens *Landsat5/TM* em formato digital para registro e classificação do uso e cobertura do solo. Para o registro das imagens foram utilizadas as imagens ortorretificadas disponibilizadas pela Universidade de Maryland da órbita/ponto 223/080 e 224/080 do ano 2000 (bandas 3, 4 e 5). As imagens selecionadas para classificação correspondem ao período de 02 e 11 de novembro de 2011 e a correspondente órbita/ponto 224/080 e 223/080 das quais foram consideradas as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7.

Na Etapa 2 para a edição dos dados foi necessário gerar um banco de dados e analisar as informações. Nesta etapa foram realizadas as correções e ajustes necessários as diferentes informações temáticas, como confrontar limites hidrográficos, delimitar a área de estudo e as UTB's. O processamento das imagens digitais, geração e cruzamento das informações, foram realizados no software denominado Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas – SPRING, versão 5.1.8 nos módulos Impima, SPRING e Scarta. Foram utilizadas imagens de alta resolução do software Google Eart 6.2.1.6014 (beta) como auxílio identificação dos alvos para classificação. Os dados pluviométricos foram tratados e editados

no Microsoft Office 2010 para determinar o valor de intensidade pluviométrica referentes a cada estação climatológica.

A representação do tema geomorfologia consistiu na interpolação de valores de altimetria a partir de isolinhas e pontos cotados. Os interpoladores considerados foram o vizinho mais próximo, média ponderada por cota e por quadrante, média ponderada, linear, quártico sem linha de quebra e quártico com linha de quebra. Para seleção do interpolador com valores mais próximos as feições do relevo foram adotadas a metodologia proposta por Florenzano (2008), onde são confrontados os valores obtidos de cada perfil de interpolador como o observado na imagem.

Na Etapa 3 os temas foram avaliados conforme os critérios de estabilidade/vulnerabilidade e ponderados através do programa LEGAL.

Na Etapa 4 foi realizada a integração dos temas geologia, geomorfologia, pedologia, clima e de uso cobertura do solo através da operação pontual de média aritmética no programa LEGAL e gerado uma grade numérica com o valor final de vulnerabilidade para cada UTB.

A Etapa 5 compreende a interpretação dos resultados sobre o conceito de ecodinâmica, identificando nas características locais o grau de vulnerabilidade à perda de solo que predomina na bacia hidrográfica e a influência de cada classe nesse processo.

### 3. RESULTADOS

Os resultados alcançados no decorrer deste trabalho são apresentados de acordo com a avaliação de cada tema.

#### 3.1 Geomorfologia

De acordo com a proposta desenvolvida por Crepani (1996), a representação da geomorfologia é composta de unidades interfluviais, altimetria e declividade conforme Figura 3, as quais podem ser definidas em sete classes de estabilidade/vulnerabilidade. Nesse sentido, considerando que os domínios geomorfológicos são formados por Planaltos, com uma hidrografia distribuída sobre o relevo suave e de baixa declividade, foi possível constatar que as unidades interfluviais apresentam o predomínio de classes intermediárias com moderado risco à perda de solo, não sendo encontrados valores médios de interflúvio para classe inferior a 250m e superiores a 3000m.

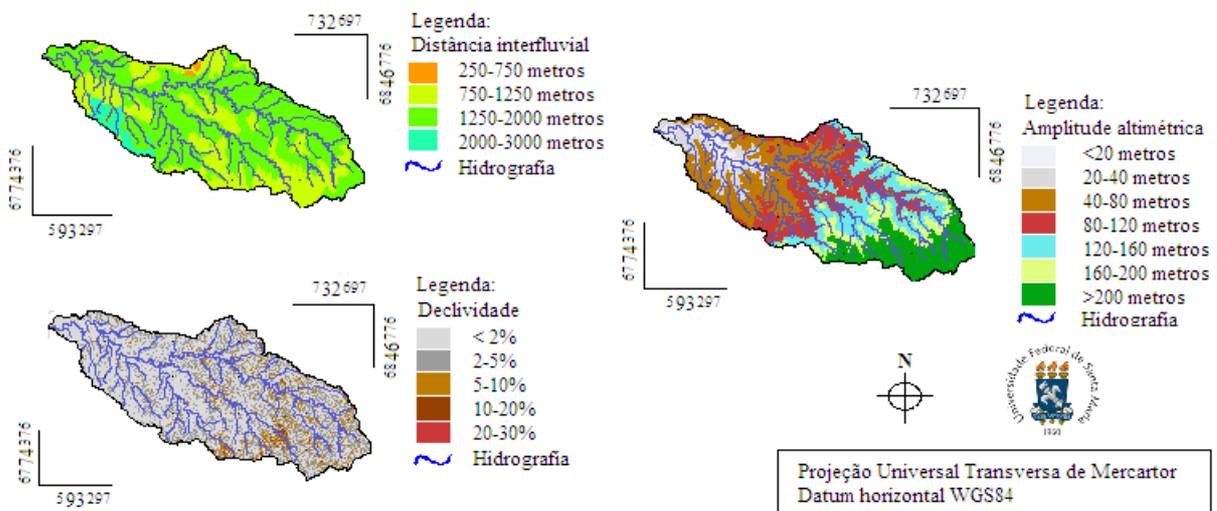


Figura 3 – Distribuição das classes de distância interfluvial, amplitude altimétrica e declividade da bacia hidrográfica do Rio Icamaquã.

A representação do relevo quanto à declividade e a amplitude altimétrica por meio da

técnica de modelagem numérica apresentou melhores resultados com o interpolador linear, com valores da grade retangular obtido apartir da grade triangular TIN de Delaunay. Os demais interpoladores apresentaram modelos numéricos de elevação com resultados mais grosseiros, como dos interpoladores média ponderada e média ponderada por cota e por quadrante com variações bruscas de altitude (formando degraus) ou um excesso de áreas planas como interpolador de média ponderada. Os interpoladores quíntico sem e com linha de quebra obtiveram superfícies muito semelhantes, no entanto os picos produzidos distribuídos na superfície da modelagem estão em desconformidade com o observado para o local.

Dentre os sete intervalos definidos na metodologia de Crepani (1996) para representar as classes de altimetria, foi observado que a amplitude altimétrica predominante está situada entre 40 e 80m, com 25% da área total da bacia. Ainda representativas constam as classes de 80 a 120m e 120 a 170m com 20% e 17% da área respectivamente. A oeste da área de estudo encontram-se as cotas mais baixas, com intervalo inferior a 20m (ao mínimo de 52 metros de altitude), com 5% da bacia hidrográfica. A área de estudo apresenta baixa declividade, sendo que as classes predominantes com declive inferior a 5% correspondem a 92% da área, inserida a jusante da bacia na zona centro-oeste.

### 3.2 Geologia

As formações geológicas que compõem a área de estudo são caracterizadas como Depósitos Aluvionares, Formação Serra Geral e Formação Tupanciretã. A Formação Depósitos Aluvionares localizada a jusante da bacia representa 6% desta área, sendo composta por areias cascalheiras e sedimentos sílticos-argilosos de planície de inundação (IBGE, 2003) definidos segundo a metodologia de Crepani et. al. (2001) como de alta vulnerabilidade à perda de solo e respectivamente atribuído maior valor de ponderação. A Formação Tupanciretã (Tt) representa menos de 1% da área, sendo distribuída no extremo sul da bacia hidrográfica e a Formação Serra Geral a qual representa a classe predominante na bacia hidrográfica do Rio Icamaquã (82%) conforme ilustra a Figura 4, é constituída de acordo com o IBGE (2003) por rochas efusivas básicas toleíticas.

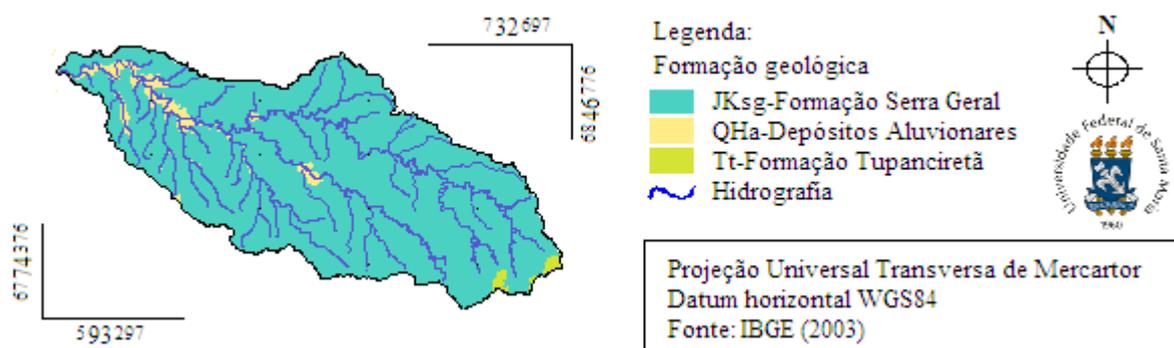


Figura 4 – Distribuição das formações geológicas da bacia hidrográfica do Rio Icamaquã.

### 3.3 Pedologia

A avaliação do tema pedologia conforme a proposta de Crepani et.al. (2001) que considera a maturidade dos solos e suas classes constituintes, permitiu caracterizar as classes de solos encontradas na área de estudo (Figura 5) conforme a respectiva vulnerabilidade/estabilidade. As classes de solos definidas como vulneráveis a perda de solo compreendem o Gleissolo Eutrófico, Plintossolo Distrófico, Vertissolo, Litólico Distrófico e o Eutrófico. Os solos constituídos por Terra Roxa Estruturada Eutrófica, Podzólico Vermelho-Escuro álico e Podzólico Vermelho-Escuro álico foram definidos como de moderada vulnerabilidade à perda de solo, e os solos Brunizém Vértico e Planossolo Eutrófico como medianamente vulnerável a estável. Os solos Latossolo Roxo Distrófico e Latossolo

Vermelho-Escuro Álico foram considerados estáveis.

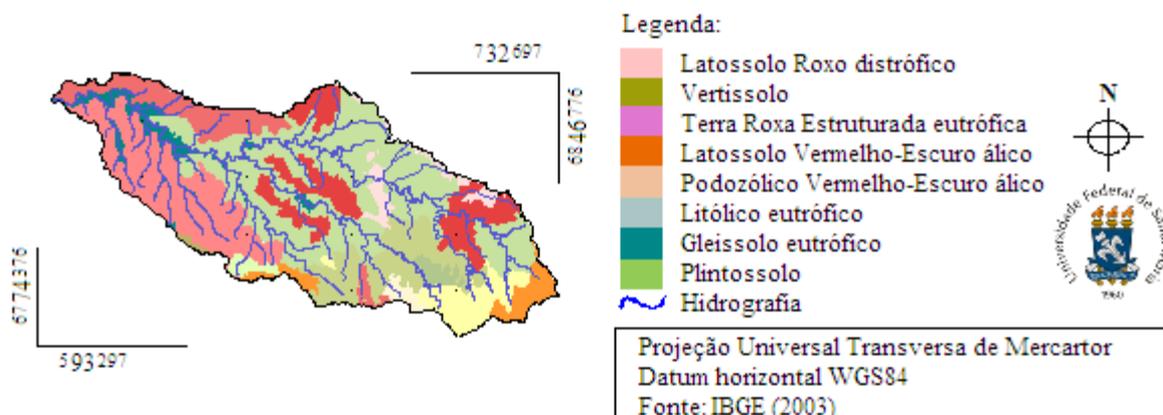


Figura 5 – Principais classes de solo da bacia hidrográfica do Rio Icamaquã.

### 3.4 Dados Pluviométricos

Os dados pluviométricos adquiridos de 21 estações climatológicas da Agencia Nacional das Águas (2012) permitiram calcular a intensidade pluviométrica para cada estação no período correspondente a 25 anos (1985 a 2010). Os valores encontrados para todas as estações climatológicas consideradas, apresentaram valores superiores a 525mm/mês e deste modo foram classificadas como vulnerável à perda de solo (valor 3). Os valores de intensidade pluviométrica foram espacializados através do interpolador média ponderada que apresentou uma distribuição gradual de valores de intensidade pluviométrica entre os pontos de referência.

### 3.5 Processamento e classificação das imagens Landsat5/TM

O processamento digital das imagens consistiu na realização do registro, transformação por componentes principais das bandas 5 e 7 (*Red*) e 1, 2 e 3 (*Blue*), e a edição de contraste permitiu uma melhor interpretação dos alvos. A segmentação permitiu gerar polígonos para representar regiões homogêneas e discriminar as classes espectrais de interesse. Para classificação foi aplicado o algoritmo de crescimento de regiões e obtido o maior detalhamento das feições dos alvos através dos limiares de similaridade e área igual a 15. Para delimitação das UTB's foi utilizado o mesmo algoritmo segmentador, porém com limiares similaridade igual a 15 e área igual a 100, resultando em 38.912 polígonos para a área do projeto, sendo que 13.930 destes para a área de estudo.

As classes de uso e cobertura do solo definidas para classificação foram floresta, cultura perene, agricultura, campestre, solo exposto e água. Essa classificação permitiu constatar que a bacia hidrográfica do Rio Icamaquã apresenta um bom estado de preservação, visto que pelo menos 72% da área é coberta por vegetação nativa, onde podem ser encontradas nascentes e cursos d'água ainda preservados. As classes de uso do solo que causaram alterações no ambiente devido à ação antrópica representam pelo menos 28% de toda a área de estudo conforme a Figura 3, o que propicia o incremento do processo de morfogênese sobre a região.

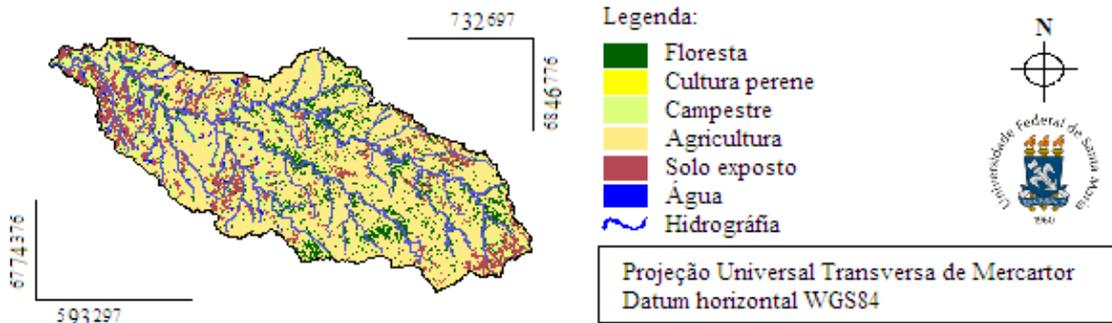


Figura 6 – Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na área de estudo.

### 3.6. Análise de vulnerabilidade à perda de solo

De acordo com a avaliação de Crepani et.al. (2001) a classe estabilidade/vulnerabilidade predominante na área de estudo é definida como moderadamente vulnerável 1, a qual representa 47% da área. Abrange o Planalto de Santo Ângelo, Planalto de Uruguaiana e Planalto dos Campos Gerais, e apresenta amplitude interfluvial que varia de 750 a 3000m, em uma altimetria que parte dos valores de 40 a 80m até mais de 2000m. A declividade dessa área está concentrada entre zero e cinco graus.

As classes com situações intermediárias de fragilidade natural ocorrem devido às variações de contribuição dos temas não apresentarem valores altos de vulnerabilidade. Com exceção do tema clima, os demais temas tendem a apresentar condições de moderadamente vulnerável a estável.

As poucas áreas de maior vulnerabilidade estão localizadas próximas à rede de drenagem e a jusante da Bacia (Figura 7), indicando ser uma área sensivelmente frágil quanto ao clima, geologia, pedologia e cobertura do solo.

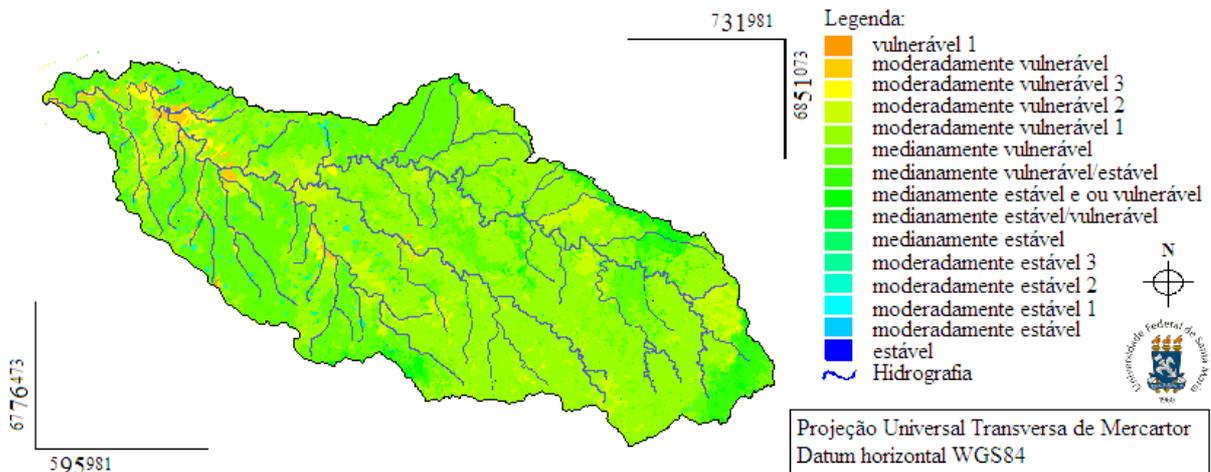


Figura 7 – Distribuição das classes de vulnerabilidade à perda de solo da bacia hidrográfica do Rio Icamaquã.

A integração das informações em UTB's no modelo Cadastral possibilitou a consulta de todas as avaliações geradas e associadas à tabela de atributos para seleção informações de acordo com o interesse.

## CONCLUSÕES

Por ser uma área representativa do bioma Pampa, o bom estado de conservação dentro da Bacia foi um resultado interessante, mesmo havendo uma ocupação sem prévio planejamento, a vulnerabilidade à perda de solo segundo a metodologia de Crepani et. al.

(2001), demonstrou que é uma área que com políticas de conservação e preservação é possível manter a qualidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Icamaquã.

A avaliação da vulnerabilidade natural à perda de solo da bacia hidrográfica do Rio Icamaquã apresentou o predomínio das classes moderadamente vulnerável e medianamente vulnerável ou estável, distribuídas principalmente sobre as áreas de vegetação nativa.

Com base nos resultados alcançados pode-se concluir que as tecnologias de sensoriamento remoto e geoprocessamento contribuem de forma eficiente para avaliação ambiental. Nesse sentido a metodologia adotada possibilitou a compreensão dos processos formadores da paisagem, assim como as forma de ocupação do território da bacia hidrográfica do Rio Icamaquã.

A metodologia utilizada para análise da vulnerabilidade à perda de solo é compatível com a caracterização regional de bacias hidrográficas, sendo que o produto desta avaliação pode servir com subsídio ao planejamento e ordenamento territorial.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional das Águas. **Base de dados georreferenciadas**. Brasília – DF. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/default.asp> Acesso em: 20 Out. 2012.

Cermin, G.; Périco, E.; Schneider, V.E; Finotti, A.R. **Proposta metodológica para a elaboração de um zoneamento ambiental**. Caxias do Sul, Revista Brasileira de Cartografia, 2012.

Crepani, E. et.al. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao ordenamento territorial**. São José do Campos: INPE, 2001.

Crepani, E.et.al.. **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico**. São José do Campos: INPE, 1996.

Hasenack, H.; Weber, E. (org.). **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul** - escala 1:50.000. Porto Alegre, UFRGS-IB-Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD-ROM (Série Geoprocessamento, 3).

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Folha São Borja. SH.21-X-A. [S.l.]: 2003. (Mapa Topográfico. Escala 1:250.000).

Ministério do Meio Ambiente. **Áreas prioritárias a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira: atualização – Portaria MMA nº 9, 23 de janeiro de 2007**. Brasília: MMA, 2007.

Nardin, D. **Zoneamento geoambiental no oete do Rio Grande do Sul: um estudo em bacias hidrográficas**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

Paim, N.R. **Remanescentes de vegetação dos Campos Sulinos (do Pampa)**. Porto Alegre: UFRGS/EMBRAPA, 2007.

Pires, J.S.R; Santos, J.E.; Del Prette, M.E. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. Schiavetti, A; Camargo, A.F.M. (Edit.). In.: **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. 2 ed. Ed. Editus, Ilheus 2008. 293p

Silva, J.S.V. **Estratégia metodológica para zonemanto ambiental: a experiência aplicada na bacia hidrográfica do Alto Rio Taquari**. Campinas: Embrapa informática Agropecuária, 2011.