

USO DO SIG NA ANÁLISE AMBIENTAL INTEGRADA DAS POTENCIAIS ÁREAS SUSCETÍVEIS A RISCOS GEOTÉCNICOS E AMBIENTAIS PELA OCUPAÇÃO URBANA NA BACIA SÍTIO DO TIO PEDRO, SANTA MARIA-RS

Alexandre Silva Prestes Souza¹; Guilherme Viana Martelli²; Michele Benetti Leite³; Rafael Cabral Cruz⁴

RESUMO --- Diante do grande crescimento das cidades é imprescindível o planejamento ambiental para a sustentabilidade. Para a elaboração deste artigo, e no auxílio e embasamento da tomada de decisão, utilizou-se a Análise Ambiental Integrada (AAI), que se baseia no mapeamento das fragilidades geotécnicas e ambientais, através de ponderações nas variáveis escolhidas. A área objeto deste estudo é a micro-bacia hidrográfica Sítio do Tio Pedro, localizada em Santa Maria-RS que está com uma grande pressão urbana, principalmente sobre os morros de seu entorno e às margens do seu rio principal. As variáveis analisadas foram declividade, cobertura do solo, ocupação urbana e risco geotécnico. O resultado mostrou que há um predomínio da baixa suscetibilidade na área em estudo, principalmente onde já está estabelecida a parte mais urbanizada. Mas, as médias e altas fragilidades estão em porções da bacia que estão sofrendo com o avanço da urbanização, devido à expansão das moradias, o que resultará em um grande impacto ambiental e até um provável risco geotécnico à segurança dessas famílias.

Palavras-chave: Análise Ambiental Integrada, mapeamento ambiental, fragilidade ambiental.

ABSTRACT --- With the large growth of cities is essential to environmental planning for sustainable. To prepare this article and in the basement and aid decision making, we used the Integrated Geo-environmental Analysis, which is based on mapping of the vulnerable geotechnic and environment, by weighting the variables chosen. The area subject of this study is the micro-basin Sítio do Tio Pedro, located in Santa Maria-RS that is a large urban pressure, especially on the hills of your surroundings and the margins of the river main. The variables were slope, land cover, land occupation and geotechnical risk. The result showed that there is a predominance of low susceptibility in the study area, especially where it is established the most urbanized. But the middle and upper portions are weaknesses in the basin that are suffering with increasing urbanization, due to the expansion of housing, resulting in a large environmental impact and even a potential security risk geotechnical of these families.

Keywords: Integrated Environmental Assessment, environmental mapping, environmental fragility.

1. INTRODUÇÃO

Diante do crescimento das cidades e a consequente pressão sobre áreas naturais, é necessário o planejamento com enfoque nas questões ambientais. No trabalho de prevenção ou minimização dos passivos ambientais, com a evolução da tecnologia, existem diversas ferramentas que auxiliam

¹ Engenheiro Civil, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil - PPGEC, Área de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – UFSM, Rua Conde de Porto Alegre, 1117/ap 304, CEP: 97015-110, Santa Maria-RS, (55) 9670-0301, alexandre.souza@hotmail.it

² Geógrafo, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil - PPGEC, Área de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – UFSM, Rua Doutor Bozano, 587/ap 703, CEP: 97015-001, Santa Maria-RS, (55) 9999-9505, guimartelli@yahoo.com.br

³ Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil - PPGEC, Área de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – UFSM, Av. Independência, 702, CEP: 97010-240, Santa Maria-RS, (55) 8404-4465, micheleleit@gmail.com

⁴ Professor, Campus de São Gabriel da Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA e do PPGEC da UFSM, Av. Antônio Trilha, 1847, São Gabriel-RS, rafaelcabralcruz@gmail.com

e embasam a tomada de decisão. Entre estas, está a Análise Ambiental Integrada, que se baseia na produção de mapas das fragilidades ambientais.

Segundo Spörl (2004), através destes mapas torna-se possível apontar as áreas onde os graus de fragilidade são mais baixos, favorecendo determinados tipos de inserção, assim como áreas mais frágeis, onde são necessárias ações tecnicamente mais adequadas a essas condições.

O mapa de fragilidade ambiental constitui uma das principais ferramentas utilizadas pelos órgãos públicos na elaboração do planejamento territorial ambiental (KAWAKUBO, *et al*, 2005).

De acordo com Kawakubo *et al* (2005 *apud* STOLLE, 2007), a fragilidade ambiental considera, além das características físicas, os graus de proteção que os diferentes tipos de uso e cobertura vegetal exercem sobre o ambiente.

Os problemas de ocupação irregulares (casas legais e outras invadidas em terrenos impróprios) fazem parte do cotidiano da grande maioria das cidades. Em Santa Maria, pelo seu tamanho, também não seria diferente. Por isso, na escolha da área de estudo deste trabalho, procurou-se uma que estivesse caracterizada por uma pressão sobre o ambiente e que fosse relevante para o município e, assim, necessitando de ações de planejamento emergenciais.

A micro-bacia hidrográfica Sítio do Tio Pedro, objeto deste estudo, tem importância fundamental no contexto regional, devido a sua contribuição direta ao reservatório do Rio Vacacaí-Mirim, que abastece parte da cidade de Santa Maria RS. Segundo Gastaldini (2001), o reservatório do Rio Vacacaí-Mirim, situado na cidade de Santa Maria-RS, tem grande importância para a região, uma vez que é responsável pela maior parte do abastecimento de água desta cidade e suas águas são também utilizadas para recreação de contato primário, pois estão situados nas suas margens clubes de lazer.

Próximo à barragem está se desenvolvendo uma zona de invasões com moradias precárias e sem infraestrutura sanitária [...] Essas invasões têm causado preocupações, uma vez que as pessoas que habitam estes locais consomem a água do reservatório e córregos afluentes, sem tratamento, e lançam os seus dejetos nas proximidades, possuindo um nível de vida bastante precário do ponto de vista sanitário. A água apresenta-se visualmente poluída com odor desagradável. (GASTALDINI *et al*, 2004)

Este trabalho tem por objetivo realizar a Análise Ambiental Integrada da micro-bacia Sítio do Tio Pedro, para fins de avaliação da ocupação urbana não planejada, que está exercendo uma pressão sobre área de vegetação florestal nativa e corpo d'água contribuinte da barragem do DNOS, além do despejo de esgoto *in natura* a céu aberto que devido à declividade, são levados pelas chuvas em direção à barragem e seus afluentes.

2. MAPEANDO FRAGILIDADES AMBIENTAIS

Os sistemas naturais, face às intervenções humanas, apresentam maior ou menor fragilidade em função de suas características físicas (de organização física dos terrenos, materiais e formas), biológicas (de ocupação e distribuição dos organismos, vegetais e animais),

evolutivas (de adaptação desses organismos às condições do meio), e também históricas de uso e ocupação da terra (de desenvolvimento humano e transformação dos recursos naturais). (SILVA, 2009)

Kawakubo *et al* (2005) relatam que o mapeamento da fragilidade ambiental permite avaliar as potencialidades do meio ambiente de forma integrada, compatibilizando suas características naturais com suas restrições e ainda constitui uma importante ferramenta que auxilia no ordenamento adequado do meio, indicando as áreas mais e menos favoráveis à sua ocupação.

Os mapeamentos das fragilidades ambientais identificam e analisam as áreas em função de seus diferentes níveis de fragilidade. [...] A grande contribuição dos modelos de fragilidade ambiental é proporcionar uma maior agilidade no processo de tomada de decisões, servindo de subsídio para a gestão territorial de maneira planejada e sustentável, evitando problemas de ocupação desordenada. (SPÖRL, 2004)

Além de proteger o solo contra a perda de material, o uso adequado e a cobertura vegetal o protegem direta e indiretamente contra os efeitos modificadores das formas do relevo. (KAWAKUBO *et al*, 2005)

A fragilidade do solo ou erodibilidade corresponde à vulnerabilidade do solo à erosão. As diferenças nos atributos físicos e químicos explicam em muitos casos o fato de alguns solos erodirem mais que outros mesmo estando expostos a uma mesma condição ambiente. (KAWAKUBO *et al*, 2005)

Alterações bruscas na estrutura do solo intensificam o processo de erosão, principalmente em regiões de alta declividade e alta precipitação.

Os intervalos de declividade obedecem aos estudos já consagrados de capacidade de uso/aptidão agrícola associados aos valores críticos da geotécnica. Eles indicam respectivamente o vigor dos processos erosivos, dos riscos de escorregamento/deslizamento e inundações freqüentes. (KAWAKUBO *et al*, 2005)

O sistema estará estável se mantidas as suas características iniciais, especialmente no que se refere à cobertura vegetal original.

Para o monitoramento ambiental, existem diversas ferramentas para o desenvolvimento do planejamento ambiental. Entre estas o uso do Sistema de Informação Geográfica, que apresenta vantagens como a avaliação integrada de diversas variáveis, com a geração de informações rapidamente.

De acordo com Goldani (2006), o Bairro do Campestre do Menino Deus apresenta impacto ambiental causado pela apropriação do espaço por comunidades irregulares que se estabeleceram no seu entorno, exercendo uma forte pressão antrópica sobre áreas de preservação ambiental.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área

A micro-bacia hidrográfica Sítio do Tio Pedro tem área aproximada de 0,54 km² (537.488,00 m²), localiza-se no município de Santa Maria, RS, na localidade do Campestre do Menino Deus, na porção nordeste do município, às margens do reservatório do Vacacaí-Mirim,

entre as coordenadas, 29°39'55" e 29°40'20" de latitude sul e 53°47'27" e 53°48'09" de longitude oeste.

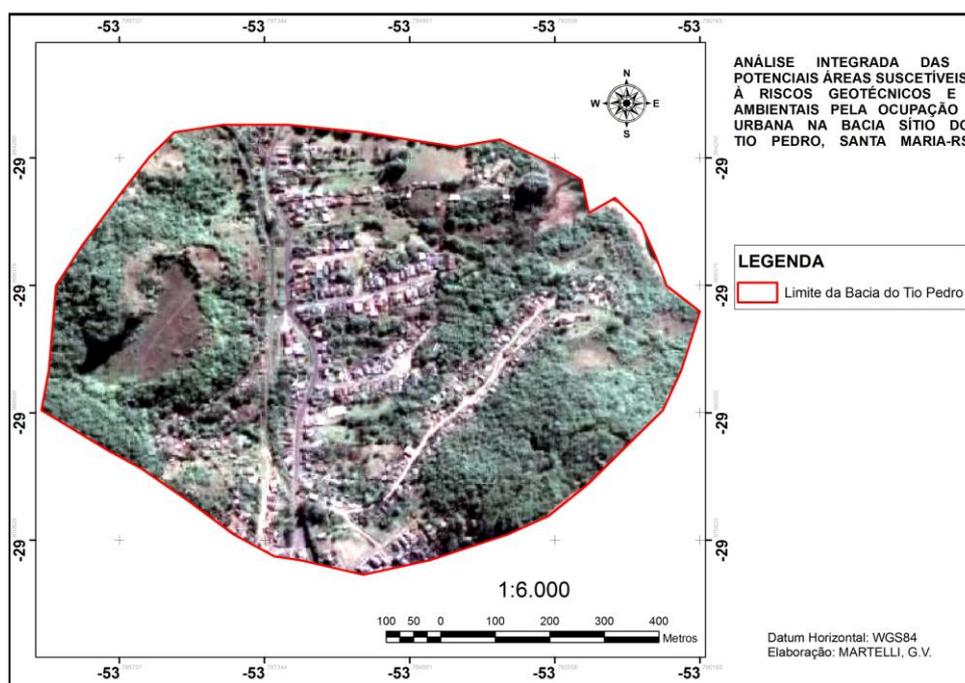


Figura 01: Delimitação da micro-bacia Sítio do Tio Pedro

A micro-bacia em estudo é caracterizada por encostas semi-urbanizadas, com uso do solo bastante diversificado, contendo cobertura vegetal com mata nativa, até as condições artificiais oferecidas e provocadas pela urbanização.

“Pode-se constatar também que não existem locais utilizados ao manejo da pecuária e nem a existência de solos agricultáveis” (DARONCO, 2008).

Tabela 01: Características físicas da bacia

Área da bacia (Km ²)	0,54	Perímetro da bacia (Km)	2,75
Diferença de cotas (m)	130,0	Comprimento do rio principal (Km)	0,89
Altitude máxima (m)	305,0	Coefficiente de compacidade	1,05
Altitude mínima(m)	140,0	Declividade média da bacia(%)	26,80
Fator de forma	0,66	Declividade ponderada do rio principal(m/m)	0,063
Distribuição da área da bacia por faixa de declividade			
Faixa	Área (ha)	Faixa	Área (ha)
0 –5%	5,34	30-47%	9,28
5-12%	7,05	> 47%	9,53
12-30%	22,55		

FONTE: <http://www.ufsm.br/iurh/iurh.htm>

ANO: 2009

3.1.1. Vegetação

Caracteriza-se por vegetação de Floresta Estacional Semidecidual, localizada na Escarpa do Planalto. Segundos Bastos (2007 *apud* DARONCO, 2008), em se tratando do critério da cobertura vegetal, são predominantes as matas nativas, ciliares e arbustivas e segundo Bortoluzzi (1971 *apud* CASAGRANDE, 2004), o município de Santa Maria agrega também vegetações dos campos limpos.

Os campos limpos constituem a pastagem natural, predominando em quase toda a depressão central ou periférica do município, ocupando a maior parte da bacia hidrográfica. Ocorrem também na porção do Planalto. Em meio aos campos, é comum a presença de capões isolados de mata de pequeno e grande porte, característica encontrada na região de maior altitude da bacia. (CASAGRANDE, 2004)

3.1.2. Caracterização geológica

Na caracterização das unidades geológicas, predominam três, que são o Arenito Botucatu, a Formação Serra Geral e a Formação Caturrita. O embasamento teórico de ambas foi segundo a Carta Geológica de Santa Maria (MACIEL FILHO, 1990).

3.1.2.1. Formação Botucatu (Arenito Botucatu)

Nesta formação, a resistência à erosão das partes litificadas é alta, porém das partes alteradas e solo residual arenoso é baixa. Com relação às fundações, não apresenta problemas especiais. Para escavação oferece resistências variáveis conforme o grau de litificação, podendo esta unidade ser classificada como material de primeira, segunda ou terceira categoria, sendo esta última pouco freqüente na região. Este arenito apresenta boas condições para abertura de túneis, devido às características autoportantes do maciço.

3.1.2.2. Formação Serra Geral (Basaltos Serra Geral)

A escavabilidade dessa unidade pode situá-la como material de primeira (solo) e terceira (rocha) dependendo do estado de alteração. Como em grande parte constitui as encostas da Serra, esta unidade apresenta frequentemente fenômenos de rastejo, indicando a instabilidade dos taludes naturais ou artificiais onde se encontram. Os solos residuais oferecem um material de baixa capacidade de carga para sub-leito de estradas ou para aterros.

3.1.2.3. Formação Caturrita

A resistência desses solos à erosão é normalmente baixa. A resistência do solo saprolítico é menor ainda, de tal forma que quando o solo superficial é retirado, seja pela erosão natural, seja pela ação humana para construção de estradas, a erosão progride rapidamente formando sulcos no terreno. Com relação às fundações, as camadas arenosas espessas não oferecem problemas especiais, bastando encontrar a profundidade em que tenha capacidade de carga.

3.1.3. Caracterização geomorfológica

A micro-bacia em questão, entre as formações geomorfológicas da região, localiza-se predominantemente na Depressão Central ou Periférica, onde segundo Castillero (1984 *apud* CASAGRANDE, 2004) é constituída por rochas sedimentares da Bacia do Paraná, que datam do Paleozóico e Mesozóicas (Triássico), encobertas localmente por sedimentos cenozóicos e também

recentes (planícies aluviais). Destaca-se na região uma topografia mais ou menos plana e suavemente ondulada, com morros de forma arredondada

3.1.4. Solos

Quanto à classificação dos solos, foi utilizada a classificação feita por Azolin e Mutti (1998 *apud* DARONCO, 2008), e posteriormente descrito por Belinaso (2002) e Bastos (2007). Abaixo segue a classificação usada:

- Podzólico Bruno Acinzentado Álico (PBa1): estes solos ocorrem na unidade geomórfica parte baixa (depressão), caracterizando regiões com solos pouco profundos, com profundidades entre 50 e 100 cm. O relevo predominante neste solo é o suave ondulado, com declividades que oscilam entre 3 e 8 %.
- Litólico Eutrófico Relevo Forte Ondulado (Re3): estes solos ocorrem na unidade geomórfica parte superior. O relevo forte ondulado possui declividades que variam de 20 a 45 %.
- Associação de solo Litólico Eutrófico – Cambissolo – Colúvios (Re-C-Co): estes solos ocorrem na unidade geomórfica da região do degrau estrutural.

3.1.5. Clima

Segundo a classificação de Köpen (DARONCO, 2008), o clima da região é Temperado chuvoso e quente, do tipo “Cfa”. Onde C é a temperatura média do mês mais frio (entre -3°C e 18°C) e a do mês mais quente (superior a 10 °C); f: nenhuma estação seca, úmido o ano todo, onde o mês menos chuvoso tem precipitação superior a 60mm; a: verão quente com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C.”

3.1.6. Declividade

Nas cabeceiras da micro-bacia a energia do relevo é bastante acentuada e essa característica orográfica se estende por boa parte dos leitos dos canais. Segundo Bellinaso (2002) a declividade média da bacia é em torno de 26,8 %.

3.1.7. Uso e ocupação do solo

A micro-bacia em estudo é de encosta semi-urbanizada, com uso do solo bastante diversificado, contendo cobertura vegetal com matas nativas e ciliares, até as condições artificiais oferecidas e provocadas pela urbanização. Pode-se constatar também que não existem locais utilizados ao manejo da pecuária e nem a existência de solos agricultáveis.

Elevada densidade populacional, sendo na maior parte uma área residencial em constante crescimento, onde na maioria das ruas encontram-se pavimentadas com urbanização desordenada sem sistema público de coleta de esgotos. Na zona de encosta está se desenvolvendo uma área de invasões com moradias precárias e sem infra-estrutura sanitária.

Goldani (2006), em trabalho de campo, observou que ao longo dos rios afluentes do Vacacaí-Mirim, que abastecem o reservatório do DNOS, a mata ciliar que deveria proteger as margens dos rios, estava sendo devastada.

Tabela 02: Uso do solo

Uso do solo	Área (ha)	(%)
Campos	8,35	15,53
Solo exposto	0,90	1,67
Floresta	23,90	44,47
Urbana	20,60	38,33
Total	53,75	100

3.1.8. Metodologia

A primeira etapa do trabalho, após revisão bibliográfica, foi a escolha de uma área que fosse relevante à região de Santa Maria e que estivesse submetida a uma perturbação eminente. Com o conhecimento da área e com o grande número de trabalhos já realizados, optou-se pela micro-bacia Sítio do Tio Pedro.

De posse do levantamento bibliográfico, iniciou-se a elaboração dos mapas temáticos das variáveis escolhidas para realizar a análise ambiental, sendo elas: declividade, cobertura do solo, ocupação urbana e risco geotécnico. As áreas urbanas concentram-se ao longo das estradas, ao entorno da Barragem do DNOS e do Rio Vacacaí-Mirim e seus afluentes, bem como está acontecendo uma ocupação nos morros próximos, entre eles o Cechela.

3.2 Elaboração dos mapas

Os mapas foram vetorizados e georreferenciados no aplicativo computacional ArcGIS 9.3, que foram baseados em imagens digitais oriundas de satélites ou digitalizadas de material impresso.

As ponderações seguiram uma escala de 1 a 10, com o padrão de valores mais baixos para a baixa fragilidade, valores intermediários para médias fragilidades e os maiores valores para alta fragilidade.

3.2.1. Variável Unidades Geotécnica

Para a variável risco geotécnico foi utilizada a Carta Geotécnica de Santa Maria (MACIEL FILHO, 1990), que possui as unidades geotécnicas da região, ao qual foi atribuído os seguintes valores:

Tabela 03: Formação geológica x fragilidade

FORMAÇÃO GEOLÓGICA	FRAGILIDADE
Arenito Botucatu	1
Formação Caturrita	5
Basalto e Diabásio Serra Geral	10

Na figura 02 tem-se o mapa de Unidades Geotécnicas. Segundo este, a maior parte da bacia é composta pela Formação Arenito Botucatu, que possui um baixo risco, por isso recebeu a menor ponderação (1).

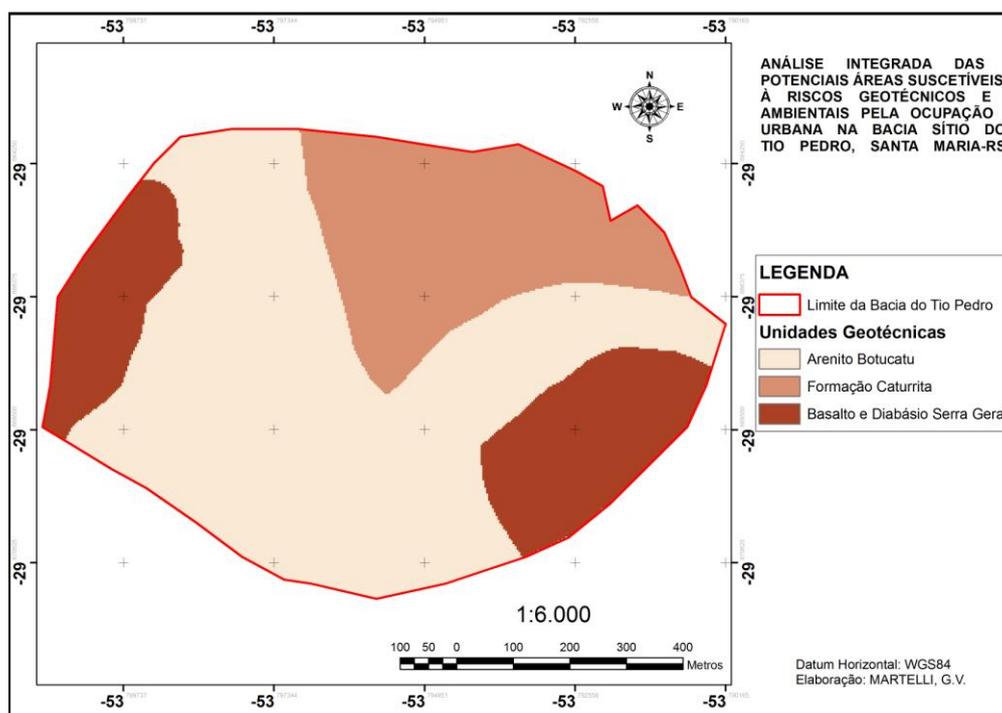


Figura 02: Mapa de Unidades Geotécnicas

3.2.2. Variável declividade

Utilizou-se a imagem SRTM com resolução espacial de 30 m para avaliar a declividade da bacia, que foram divididas em faixas. A referência utilizada para o enquadramento das faixas de declividade foi o método De Biasi (1992), com os seguintes valores:

Tabela 04: Declividade x fragilidade

DECLIVIDADE	FRAGILIDADE
< 5% = limite urbano-industrial	1
5 - 12% = define o limite máximo do emprego de mecanização agrícola	2
12 - 30% = Lei federal (6.766/79) define o limite máximo para urbanização sem restrições	4
30 - 47% = Código Florestal (lei 4771/65) fixa o limite máximo de corte raso	8
> 47% = artigo 10 do Código Florestal prevê que não é permitida a derrubada de florestas	10

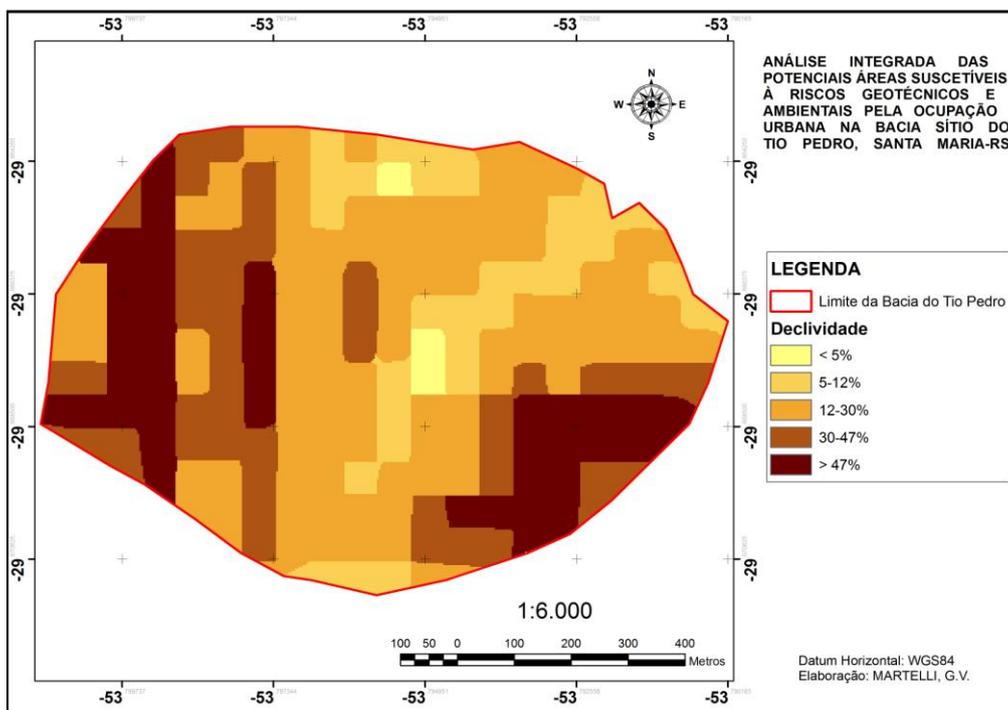


Figura 03: Mapa de declividades da micro-bacia Sítio do Tio Pedro

Visualmente, a faixa que predomina na micro-bacia é a de 12 – 30%, e que possui uma fragilidade intermediária.

3.2.3. Variável solos

Para o mapa de solos foi utilizado o mapa de solos de Santa Maria – RS (PEDRON, F. *et al*, 2006), e a partir dele foram atribuídos os seguintes valores:

Tabela 05: Tipo de solo x fragilidade

TIPO DE SOLO	FRAGILIDADE
APt 4 (Alissolo hipocrômico argilúvico típico, textura média/argilosa a moderado, relevo suave ondulado a ondulado)	1
SGd 2 (Planossolo Hidromórfico distrófico típico, textura média a proeminente, relevo plano a suave ondulado)	5
RRq+RLe (neossolo regolítico psamítico léptico + Neossolo Litólico eutrófico típico, relevo forte ondulado a escarpado)	10

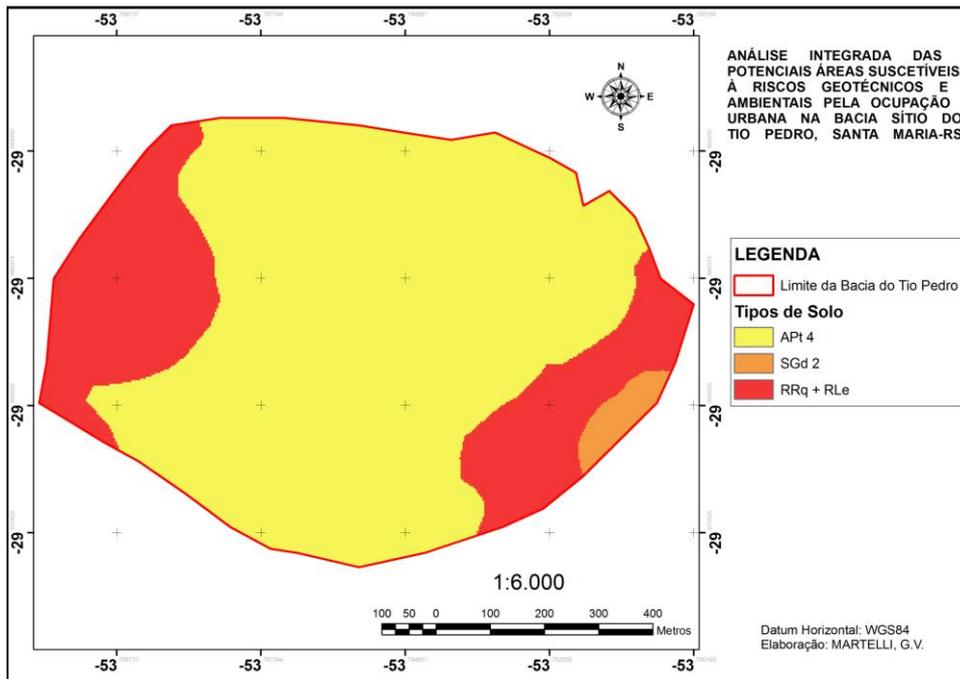


Figura 04: mapa com os tipos de solo da micro-bacia Sítio do Tio Pedro

3.2.4. Variável uso do solo

Para o mapa de uso do solo foi utilizada a imagem Quick Bird de alta resolução datada em 8 de janeiro de 2008 e a partir dela foram atribuídos valores para as áreas:

Tabela 06: Uso do solo x fragilidade

USO DO SOLO	FRAGILIDADE
Urbana	1
Solo Exposto	3
Campo	6
Floresta	10

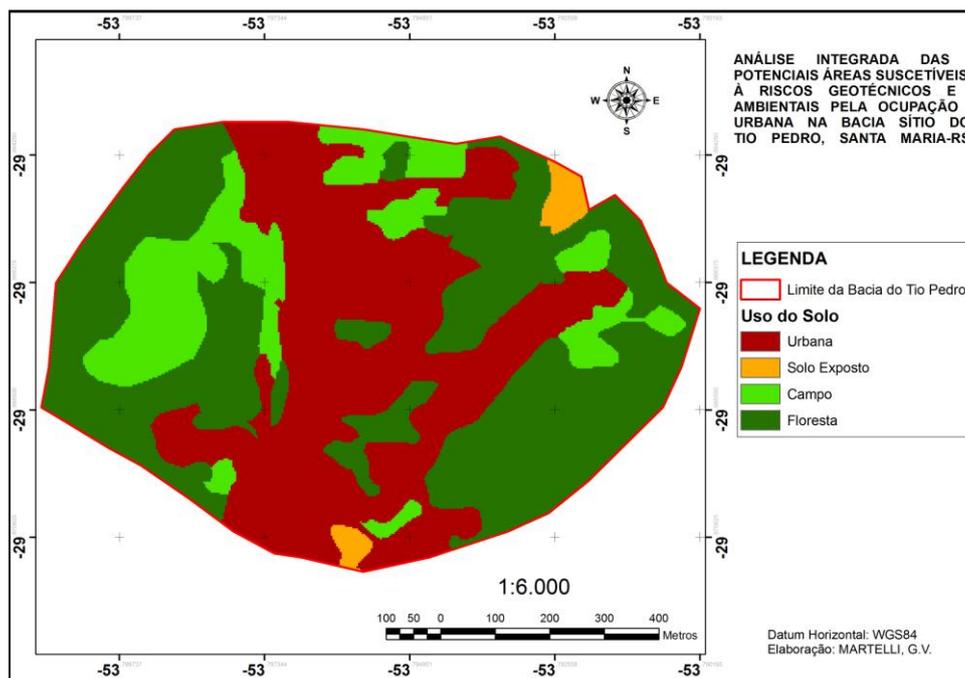


Figura 05: Mapa de uso do solo da micro-bacia Sítio do Tio Pedro

Visualmente há um predomínio das áreas de campo e floresta, porém a mancha urbana é bem significativa, para esta micro-bacia.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapa final foi elaborado com a ferramenta *Raster Calculator* do Programa ArcGIS 9.3, no qual os valores foram somados e classificados como Muito-Baixa Suscetibilidade (0-8), Baixa Suscetibilidade (9-16), Média Suscetibilidade (17-24), Alta Suscetibilidade (25-32) e Muito-Alta Suscetibilidade (33-40).

Visualmente há um predomínio de muito-baixa a baixa suscetibilidade na área em estudo, principalmente nas cotas mais baixas, onde já está estabelecida a parte mais urbanizada. Porém, as médias e altas fragilidades estão em porções da bacia que estão continuamente pressionadas pela expansão das moradias, o que resultará em um grande impacto ambiental e até um provável risco à segurança dessas famílias.

Goldani (2006) traz algumas sugestões de uso sustentável para determinados tipos de paisagens:

- Encostas com meia declividade: é possível fazer uma utilização mais diversificada, pois está mais próxima à porção plana do terreno. Porém a inclinação ainda determina cuidados com relação à erosão. É indicado para a formação de pastagens ou pomares de frutíferas, evitando culturas anuais;
- Encostas suaves: podem ser utilizados para culturas anuais, mas sempre necessitando de práticas de conservação do solo;
- Áreas planas: preferenciais para culturas anuais, pois condicionam uma alta produtividade, porém também com práticas de conservação e melhoramento dos solos;
- Margens de cursos d'água: manutenção de florestas em topos de morros, encostas, margens dos cursos d'água e práticas que evitem o escoamento superficial e que aumentem a infiltração no solo.

Também Belló (2004) sugere algumas ações para esta situação:

- Conter, planificar e disciplinar a ocupação urbana nas encostas da área em urbanização;
- Manter a vegetação natural (mata ciliar) intacta. Nos locais onde o solo encontra-se desprotegido, recompor as áreas através do plantio de árvores e a recuperação da vegetação;
- Reavaliar a drenagem da área urbana a fim de ordenar o deflúvio das águas superficiais.

Spörl (2001 *apud* STOLLE, 2007), ao comparar três modelos metodológicos aplicados aos estudos da fragilidade ambiental, verificou que o principal problema está relacionado à

atribuição de “pesos” das variáveis, sendo que esta avaliação é geralmente arbitrária e subjetiva, pois é complicado avaliar o quanto cada uma destas variáveis contribui para se estabelecer o grau de fragilidade. Este comentário está de acordo com o observado neste trabalho, uma vez que a parte mais discutida e de difícil escolha foi a ponderação das variáveis.

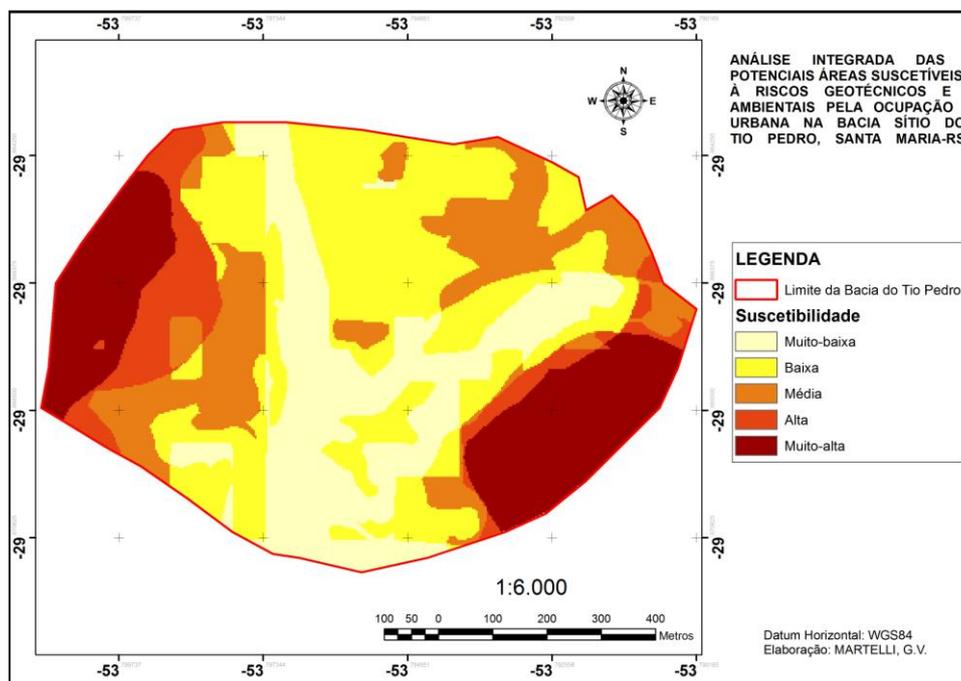


Figura 06: Mapa final (Susceptibilidade) da micro-bacia Sítio do Tio Pedro

5. CONCLUSÃO

A análise demonstrou que há um predomínio da baixa susceptibilidade na área em estudo, principalmente onde já está estabelecida a parte mais urbanizada. Porém, as áreas de média à alta fragilidade devem ser as prioritárias na prevenção à urbanização, bem como na conservação da paisagem natural, pois há um avanço da ocupação irregular.

Os resultados reforçam a necessidade de um planejamento ambiental para a região, visando a proteção dos recursos hídricos e a manutenção do abastecimento público de qualidade.

Sugere-se a realocação adequada dos moradores que estão em área de risco e melhoria da infra-estrutura (coleta de lixo, tratamento de esgoto) dos que já estão instalados.

REFERÊNCIAS

BASTOS, G. A. P. *Análise dos parâmetros do modelo SWMM para avaliação do escoamento em duas bacias periurbanas em Santa Maria – RS*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

BELINASO, T. B. *Monitoramento Hidrossedimentométrico e Avaliação da Produção de Sedimentos em Eventos Chuvosos em Uma Pequena Bacia Hidrográfica Urbana de Encosta*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

BELLÓ, S. L. *Avaliação do impacto da ocupação urbana sobre as características hidrossedimentométricas de uma pequena Bacia hidrográfica de encosta*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

CASAGRANDE, L. *Avaliação do parâmetro de propagação de sedimentos do modelo de Williams (1975) na bacia do rio Vacacaí-Mirim com o auxílio de técnicas de geoprocessamento*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

DARONCO, G. C. *Avaliação dos parâmetros do modelo Kinneros 2 para simulação hidrossedimentológica em duas pequenas bacias hidrográficas*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

DE BIASI, M. *Carta Clinográfica: os Métodos de Representação e sua Confeção*. Revista do Departamento de Geografia São Paulo, São Paulo, n. 6, p. 45-60, 1992.

DONHA, A. G.; SOUZA, L. C. P.; SUGAMOSTO, M. L. *Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.10, n.1, p.175–181, 2006.

GASTALDINI, M. C. C. *et al. Aplicação de Modelo Matemático a Dados de Ciclos de Estratificação Térmica e de Qualidade da Água do Reservatório do Vacacaí-Mirim*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.9, n.1. Porto Alegre, 2004.

GASTALDINI, M. C. C.; PAIVA, E. M. C. D.; PAIVA, J. B. D. *Inter-relações entre dados de monitoramento de Qualidade da água e hidrológico*. Aplicação ao Reservatório do arroio Vacacaí-Mirim. Nota técnica, Engenharia Sanitária e Ambiental Vol. 6 - Nº 1 - jan/mar 2001 e Nº 2 - abr/jun 2001.

GOLDANI, J. Z. *Ocupação antrópica e sócio-ambiental na área de captação do DNOS Santa Maria – RS*. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

IURH-UFSM – Impactos da Urbanização nos Recursos Hídricos de Santa Maria. Disponível em: <http://www.ufsm.br/iurh/iurh.htm> Acesso em: 14/11/2009.

KAWAKUBO, F. S., *et al. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento*. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2203-2210.

MACIEL FILHO, C. L. *Carta Geotécnica de Santa Maria*. Imprensa Universitária – UFSM, Santa Maria, 1990.

PEDRON, F. A. *et al. Utilização do sistema de avaliação do potencial de uso urbano das terras no diagnóstico ambiental do município de Santa Maria - RS*. Ciência Rural [online]. 2006, vol.36, n.2, pp. 468-477.

SILVA, M. D. *Análise da fragilidade ambiental: uma ferramenta para o planejamento e gestão de áreas naturais frente ao avanço de novas fronteiras agrícolas*. In: III CLAE e IXCEB, 10 a 17 de Setembro de 2009, São Lourenço - MG

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. *Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos*. GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, Nº 15, 2004, pp.39-49.

STOLLE, L.; LINGNAU, C.; ARCE, J. E. *Mapeamento da fragilidade ambiental em áreas de plantios florestais*. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 1871-1873.