

Avaliação dos fatores influentes na vulnerabilidade à erosão do solo por meio de decisão multicritério e de técnicas de geoprocessamento no município de Piratini-RS

Evaluation of influencing factors on the vulnerability of soil erosion through the multicriteria decision making and techniques geoprocessing county of Piratini –RS

Roberta Aparecida Fantinel¹ e Ana Caroline Paim Benedetti²

¹Engenheira Florestal, Universidade Federal do Pampa, São Gabriel, Brasil
roberta.fantinel@bol.com.br

² Engenheira Florestal, Professora Dr^a, Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Santa Maria, Brasil
anacaroline@politecnico.ufsm.br

Resumo

A degradação dos solos constitui na perda de suas qualidades naturais, físicas e bioquímicas, causada em sua maioria pelos processos erosivos, o que ocasiona em um problema socioeconômico e ambiental. O objetivo foi avaliar fatores de vulnerabilidade à erosão do solo no município de Piratini-RS, segundo algumas características ambientais potencialmente influenciadoras dessa ocorrência antrópica. Para essa avaliação ambiental utilizou-se mapas dos seguintes temas: uso da terra, pedologia, declividade e geologia. Segundo a metodologia proposta por Xavier-da-Silva (2001), a qual considera a análise multicritério, foram atribuídas as notas de 1 (baixíssima vulnerabilidade) a 10 (altíssima vulnerabilidade) às classes constituintes desses mapas. Os resultados evidenciaram que as classes de uso “solo exposto” e “campo” são as mais vulneráveis à erosão, assim como as classes de declividades de “12 a 20%” e “5 a 12%”. As áreas com alta vulnerabilidade à erosão representam 72,07% da área do município de Piratini, enquanto que 26,71% representam áreas de altíssima vulnerabilidade à erosão e com 1,22% possui vulnerabilidade de perdas de solo medianas.

Palavras-chave: Geoprocessamento. Análise Ambiental. Análise Multicritério.

Abstract

The land degradation is the loss of their natural, physical and biochemical qualities, caused mostly by erosion, which leads into a socioeconomic and environmental problem. The objective was to assess the vulnerability of soil erosion in Piratini-RS, according to some potentially influence environmental characteristics of this occurrence anthropogenic. For this environmental assessment we used maps of the following themes: land use, soil science, geology and slope. According to the methodology proposed by Xavier-da-Silva (2001), which considers the multicriteria analysis, the scores were assigned from 1 (very low vulnerability) to 10 (highest vulnerability) to the constituent classes of these maps. The results showed that the use of classes “above ground” and “field” are the most vulnerable to erosion, as well as the slopes of class “12-20%” and “5-12%”. The areas with high vulnerability of erosion represent 72,07% of the Piratini municipal area, while 26,71% represent areas of highest vulnerability of erosion and 1,22% median vulnerability of soil loss.

Keywords: Geoprocessing. Environmental analysis. Multicriteria analysis.

1 Introdução

As formas de relevo, a declividade, o manejo do solo e suas características como textura e espessura, assim como a cobertura vegetal, quando analisadas de forma conjunta, representam aspectos fundamentais na avaliação dos da vulnerabilidade à erosão do solo.

A degradação dos solos constitui na perda de suas qualidades naturais, físicas e bioquímicas, gerada em sua maioria pelos processos erosivos, o que ocasiona em um problema socioeconômico e ambiental, pois, em reciprocidade ao aumento da perda dos solos por erosão, há a diminuição gradativa da sua camada mais produtiva (SILVA, 2009).

Para Silva et al. (2003), a erosão é diferenciada entres as classes de solo, visto que as características morfológicas e físicas principalmente, exercem diferentes influências na resistência do solo à erosão, sobretudo a estrutura, a textura, a taxa de infiltração, a permeabilidade, a densidade e a porosidade.

Para avaliar os fatores que influenciam na vulnerabilidade à erosão do solo, o uso das geotecnologias pode ser muito importante, uma vez que através dos SIG (Sistemas de Informação Geográfica) é possível manipular e integrar diversos mapas temáticos, servindo estes como subsídio para a caracterização espacial e temporal das áreas vulneráveis aos processos erosivos (VALÉRIO et al., 1995). A disponibilidade de informações sobre

os solos de uma região, de acordo com Streck (2002), é fundamental para o planejamento das atividades relacionadas ao uso da terra, agricultura, florestamento, entre outras finalidades.

No município de Piratini, uma nova transformação das atividades que antes estavam ligadas basicamente à pecuária extensiva familiar, tem sido palco de profundas transformações com a instalação de empresas do ramo da silvicultura, que vem modificando a paisagem rural em extensas áreas de monocultura de árvores exóticas (SELL, 2011).

Neste contexto, a escolha da área de estudo, o município de Piratini, localizado no Estado do Rio Grande do Sul, se deu por apresentar características que exigem atenção referente ao uso do solo.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a vulnerabilidade à erosão do solo através da técnica de multicritério e de técnicas de geoprocessamento, considerando diferentes características ambientais inerentes ao município de Piratini, RS.

2 Materiais e métodos

O município de Piratini, localizado no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, situa-se aproximadamente entre as coordenadas $30^{\circ}18'05''$ e $31^{\circ}55'12''$ de latitude Sul e $52^{\circ}35'08''$ e $53^{\circ}00'00''$ de longitude Oeste (Figura 1).

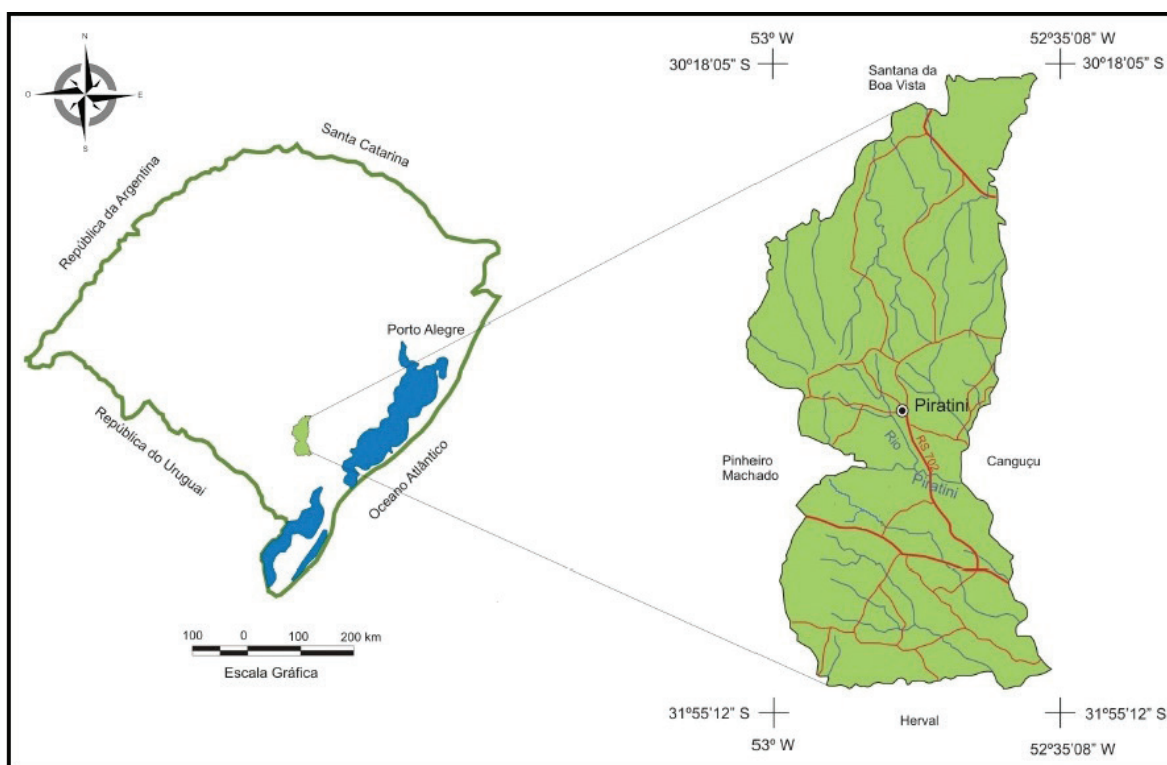


Figura 1: Localização geográfica do município de Piratini no Estado do Rio Grande do Sul.
Fonte: Adaptado de Sell (2011).

O município de Piratini está localizado no Alto Camaquã, região que possui solos rasos na sua maioria (FEPAM, 2007). Os solos que predominam são os pedregosos com afloramentos de rochas, presentes em áreas de relevo ondulado a fortemente ondulado, vulneráveis à erosão apresentando grandes restrições ao uso agrícola (NESKE, 2009).

As áreas com altitude em torno de 400 metros apresentam paisagem em forma de colina, enquanto as áreas intensamente dissecadas estão posicionadas entre as cotas 100 e 200 metros e encontram-se delimitando toda a unidade e isolando os relevos ondulados.

O clima no município é subtropical, com precipitação pluviométrica entre 1200 e 1500 mm anuais, distribuídos no mínimo em 80 e no máximo 100 dias de chuva (ROSSATO, 2011).

2.1 Elaboração dos mapas temáticos

Para a avaliação das áreas com vulnerabilidade à erosão do solo no município de Piratini, RS, foi realizada uma análise integrada pela técnica de multicritério, proposta por Xavier-da-Silva (2001), utilizando diferentes mapas temáticos referentes às variáveis: clinografia (declividade percentual), geologia, pedologia (classes de solo) e do uso do solo. A elaboração dos mapas temáticos foi realizada no software SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) (DPI/INPE, 2014) versão 5.2.6, no qual foi criado um banco de dados geográficos para o processamento e o armazenamento das informações. Adotou-se o sistema de projeção UTM (Universal Transversa de Mercator) e o Datum SIRGAS/2000.

Para a confecção do mapa clinográfico foram estabelecidas as classes de declividade percentual em intervalos de 0 a 5% (superfícies planas ou quase planas nas quais o escoamento superficial é lento não oferecendo dificuldades ao uso de máquinas agrícolas); 5 a 12% (áreas com relevo suave ondulado e escoamento superficial médio ou rápido, solos facilmente erodíveis), 12 a 20% (relevos ondulados nas escarpas erosivas), 20 a 30% (relevo forte ondulado susceptibilidade à erosão e a perda de potencial produtivo), 30 a 43% (relevo fortemente ondulado que correspondem às atividades agrícolas restritas, pastoreio reflorestamento e a preservação da vegetação nativa), adaptados de Ross (1994) e Salomão (1999) para área de estudo.

Para o mapeamento do uso da terra foram identificadas, com base em imagens de satélite, as seguintes classes temáticas: lâmina d'água, campo, solo exposto (na qual estão inclusas áreas de preparo do solo para o cultivo agrícola) e floresta (nativas e plantadas). As imagens do sensor Operational Land Imager (OLI) do satélite Landsat 8, com resolução espacial de 30 metros, foram adquiridas da USGS (United States Geological

Survey), referente ao dia 08 de outubro de 2013. Essas imagens foram importadas para um banco de dados geográficos no SPRING, para execução da técnica de realce por contraste linear, na qual as bandas espectrais foram manipuladas para a geração de três composições (Red, Green e Blue) (R4G3B2 (cores naturais), R5G4B3 e R6G5B4 (falsa-cor)). Essas composições foram utilizadas para identificação dos alvos e a obtenção de amostras para a execução da classificação digital supervisionada através do algoritmo MaxVer (Máxima Verossimilhança).

O mapa pedológico (de classes de solo) foi elaborado pela aquisição gratuita dos arquivos vetoriais disponibilizados pela Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA, 2014) e posteriormente foram importados no banco de dados e selecionados os polígonos referentes à área de abrangência do município de Piratini. Para o mapa de formações geológicas foram utilizados os polígonos referentes à área de abrangência do município (IBGE, 2014). Esses dois mapas foram confeccionados software QGIS versão 2.4.

2.2 Análise ambiental multicritério

A análise para identificação das áreas vulneráveis à erosão do solo foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Xavier-da-Silva (2001), que baseia-se na técnica de análise multicritério e na média ponderada. O algoritmo é adequado à estrutura raster, e sua aplicação é dada pela equação a seguir (1):

$$A_{ij} = \sum n (PK \times NK) \quad (1)$$

Onde:

K= 1;

A_{ij}= qualquer célula da matriz (alternativa);

n= número de parâmetros envolvidos;

P= peso atribuído ao parâmetro, transposto o percentual para a escala de 0 a 1;

N= nota na escala de 0 a 10, atribuída à categoria encontrada na célula.

Foi utilizado o módulo "Avaliação Ambiental" do software Vista SAGA (Sistema de Análise Geoambiental) disponibilizado pelo LAGEOP (Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Federal do Rio de Janeiro) (LAGEOP, 2014), desse modo, os mapas confeccionados nos softwares SPRING e QGIS foram exportados no formato Geotiff, para posterior importação no Vista SAGA.

Segundo Xavier-da-Silva (1999), a atribuição de pesos deve responder a relação ao conjunto de cartogramas digitais selecionados, a importância relativa, em pontos percentuais do tipo de característica ambiental contido em cada cartograma digital para a ocorrência da alteração ambiental.

Ainda de acordo com Marino et al. (2012), a escolha dos parâmetros (mapas) envolvidos e as atribuições de pesos e notas para as avaliações devem ser realizadas de

Tabela 1 - Pesos dos mapas temáticos e as notas correspondentes a cada classe de acordo com sua influência na vulnerabilidade à erosão do solo no município de Piratini, RS

Pedologia (Peso 30%)		Uso da terra (Peso 20%)		Clinografia (Peso 30%)		Geologia (Peso 20%)	
Classe	Nota	Classe	Nota	Classe	Nota	Classe	Nota
Neossolos Litólicos Eutróficos	7	Solo Exposto	10	0-5%	6	Granitóides	9
Argissolos Vermelho-Amarelo Distrófico	4	Lâmina d'água	1	5-12%	7	Depósitos Colúvio-aluvionares	8
Planossolo Háptico Eutróficos	10	Floresta	3	12-20%	8	Porongos	7
-	-	Campo	7	20-30%	9	Sanga Cabral	7
-	-	-	-	30-43%	10	Arroio dos Nobres	7
-	-	-	-	-	-	NP2pi -Pinheiro Machado	7
-	-	-	-	-	-	Diorito Capim Branco	7

acordo com a opinião do pesquisador do projeto, e que esta escolha é um processo extremamente interativo e interdisciplinar, a fim de se obter valores mais próximos da realidade.

Os mapas temáticos foram utilizados como dados de entrada para a "Avaliação Ambiental", sendo atribuídos pesos aos mapas e notas às suas respectivas classes, de acordo com

sua menor ou maior importância na análise da influência para a vulnerabilidade de erosão do solo no município. A tabela 1 apresenta os pesos dos mapas temáticos e as notas atribuídas para cada classe, respectivamente.

3 Resultados e discussão

3.1 Uso da terra

No mapa de uso da terra, para o qual foi atribuído um peso de 20%, como fator de contribuição à erosão do solo, as classes "solo exposto" e "campo" foram consideradas as mais vulneráveis à erosão, e totalizaram 111.988ha e 109.240ha respectivamente. A justificativa é que nas áreas de campo, ocorre o pisoteio intenso dos animais, ocasionando a compactação do solo, que ao longo do tempo formam caminhos em diversas áreas e sentidos do terreno, trazendo como consequências as ravinas e as voçorocas, além disso, a retirada da vegetação para

introduzir culturas agrícolas, o que ocorre nas áreas de solo exposto, sem práticas conservacionistas acarretam no desenvolvimento de processos erosivos. De acordo com Guerra e Mendonça (2004), as taxas de erosão nas áreas rurais aumentam, nos terrenos que são deixados descobertos durante uma boa parte do ano ou em áreas onde ocorre o superpastoreio, aumentando a densidade do solo, com excessivo pisoteio do gado, todas essas práticas tendem a elevar as taxas de erosão acelerada.

A classe "floresta" totalizou 131.822ha. Considerou-se essa categoria de baixa vulnerabilidade à erosão, devido ao fato de que a vegetação e a cobertura de matéria orgânica auxiliam como uma camada protetora do solo, reduzindo o impacto causado pela gota da chuva, evitando assim destruição dos agregados e o selamento superficial do solo.

Para Silva (2009) a serapilheira como cobertura vegetal se destaca por proporcionar em função de sua decomposição, o fornecimento de nutrientes para o solo, a manutenção dos nutrientes no solo permite que este não perca sua fertilidade natural e, por consequência, mantém-se a estabilidade dos solos frente aos processos erosivos.

A cobertura florestal conforme Lima (1986) atua positivamente sobre a hidrologia no solo, melhorando os processos de infiltração, a percolação e o armazenamento da água, ocasionando assim a diminuição dos processos erosivos. A vegetação com diferentes

Tabela 2 - Contribuição percentual das classes de uso na área total do município de Piratini-RS

Uso da terra	
Classes	Percentual (%)
Água	0,26
Floresta	36,44
Campo	30,59
Solo exposto	32,72
Pedologia	
Argissolo	57,92
Neossolo	41,74
Planossolo	0,35
Geologia	
Granitóides	70,96
Depósitos Colúvio-aluvionares	2,24
Diorito Capim Branco	0,07
Pinheiro Machado	1,00
Arroio dos Nobres	1,64
Sanga do Cabral	6,46
Porongos	17,63
Declividade	
0-5%	25,57
5-12%	19,80
12-20%	54,25
20-30%	0,37
30-40%	0,01

tipos de estratos proporciona maior proteção contra a erosão do que a vegetação rala, mais homogênea e de menor porte (MMA, 2007). No entanto, alguns fatores impedem o desenvolvimento da vegetação como a compactação do solo, depósitos de resíduos de construção, entulhos no subsolo, podas drásticas, poluição do ar, impedindo a folha de exercer suas funções, uma vez que a poeira e as gotículas de óleo existente no ar se acumulam sobre a superfície das folhas, obstruindo total ou parcialmente os estômatos, dificultando a respiração e a fotossíntese (PIVETA e SILVA FILHO, 2002).

A classe "Lâmina d'água", que totalizou 918.9ha, foi considerada de baixíssima vulnerabilidade à erosão, no entanto, cabe ressaltar que neste estudo, não foi considerado o volume d'água que atinge o terreno e sua distribuição no tempo e espaço e sim a água existente nos açudes, barragens entre outros.

Nos mapas elaborados pela FEPAM (2007) para o Zoneamento Ambiental do Rio Grande do Sul, o município de Piratini apresenta alta deficiência hídrica no solo nos meses de verão e é também a região do Estado que apresenta menor disponibilidade hídrica superficial. A tabela 2 apresenta o percentual de ocupação das classes de uso da terra no município.

3.2 Pedologia

No município de Piratini estão presentes três diferentes unidades de classificação de solos, são elas: Planossolo Háptico Eutrófico (SXe19) Neossolo Litólico Eutrófico (RLe23) e o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd37).

A classe Planossolo Háptico Eutrófico totalizou 1.222ha, são rasos a pouco profundos, encontrados em áreas de várzeas e áreas de depressões, sua textura apresenta um horizonte arenoso nas camadas superiores do perfil com uma mudança brusca para uma camada mais argilosa que dificulta a infiltração de água, por isso são mal drenados (STRECK et al., 2002).

O Neossolo Litólico Eutrófico presente em 147.737ha possui restrições às culturas anuais, seja pela pequena espessura, ocorrência em relevo fortemente ondulado com afloramentos rochosos e pedregosos ou devido à baixa capacidade de infiltração e armazenamento de água no solo. Apresentam alta suscetibilidade à erosão hídrica, por isso, recomenda-se que áreas com declividade superior a 30% sejam conservadas com vegetação natural compondo áreas de preservação permanente (STRECK et al., 2002).

O Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico totalizou 205.010ha, estes solos são geralmente encontrados em regiões de relevo ondulado e são suscetíveis à erosão hídrica (STRECK et al., 2002). Ross (2003) classificou alguns tipos de solos de acordo com sua erodibilidade, entre eles o argissolo o qual foi classificado como grau de fragilidade média.

3.3 Clinografia

As classes de maior declividade percentual do terreno, "30 a 40%" e "20 a 30%" foram consideradas como de altíssima vulnerabilidade à erosão do solo. Estas áreas com declividade acentuada possuem um escoamento superficial rápido e os solos são suscetíveis à erosão hídrica, são áreas rochosas, com aproveitamento para o pastoreio.

No entanto, no município de Piratini essas áreas são ínfimas se comparadas com as demais declividades, totalizando 1.341ha. Quanto às classes de declividade de "12 a 20%"; "5 a 12%" e "0 a 5%" totalizaram 192.034ha, 70.088ha e 90.506ha respectivamente.

As classes de declividade de "12 a 20%" e "5 a 12%" foram consideradas como sendo de alta vulnerabilidade, conforme o mapa de capacidade do uso das terras do

município de Piratini (EMBRAPA, 2015) nestas declividades ocorre o uso restrito de cultivos pelas limitações do solo e da forte suscetibilidade à erosão, além disso, são terras desenvolvidas em áreas rochosas com limitações do uso do solo devido à pedregosidade e por apresentar relevo íngreme sendo suscetível à erosão. Com relação à declividade de “0 a 5%”, ponderou-se a classificação como sendo de média vulnerabilidade à erosão.

3.4 Geologia

No município de Piratini existe uma complexidade de formações geológicas, esses processos orogênicos influenciaram no atual relevo do município, como os Depósitos Colúvio-aluvionares (7.930ha) estes depósitos são recentes e consistem em materiais soltos e decompostos, usualmente encontrados nas encostas e que foram transportados, principalmente, pela ação da gravidade (AGI, 1976), além disso, é constituído por material mais grosseiro, blocos e fragmentos de rocha (WHITTEN e BROOKS, 1976).

Outras complexidades geológicas são encontradas no município, como a Diorito Capim Branco (248ha), NP2pi-Pinheiro Machado (3.523 hectares), Arroio dos Nobres (5.796ha), Sanga do Cabral (22.881ha), Porongos (62.418ha) e Granitóides (251.173ha, predominante na área do estudo). A Sanga do Cabral é basicamente formada de arenitos (matriz argilosa e cores avermelhadas) e argilitos ferruginosos. Devido a sua composição litológica, apresenta reduzida capacidade de armazenamento de águas subterrâneas (MACHADO, 1998). O Arroio dos Nobres, conforme Ribeiro et al. (1966), definiram a formação como depósitos de conglomerados e arenitos mineralizados em cobre, distinguindo dos não-mineralizados. Para Wildner e Ramgrab (1994) Diorito Capim Branco são rochas básicas de posicionamento indefinido. Os granitos são rochas compostas essencialmente por quartzo, feldspato e biotita em geral, originam solos de textura grossa e com elevado percentual de cascalho (DUMMER et al., 2010).

As rochas, os minerais, os depósitos sedimentares ao longo dos anos acabam sendo lixiviados ou solubilizados, esse desgaste pode ocasionar a erosão

principalmente quando o solo fica exposto, seja pelo desmatamento, queimadas ou pelo pisoteio dos animais e, com a ação gradativa das chuvas seus materiais vão sendo arrastados ocasionando erosões.

Para Guerra e Mendonça (2004), a formação dos solos é o resultado da interação de vários processos (geomorfológicos e pedológicos), que retratam uma variabilidade temporal e espacial significativa, sendo dessa forma importante abordar os solos como um sistema dinâmico.

3.5 Vulnerabilidade à erosão do solo

A avaliação ambiental, baseada no método da análise multicritério e da média ponderada, possibilitou a geração de um mapa nos quais são indicadas as áreas com diferentes vulnerabilidades à erosão do solo.

Na figura 6 as cores quentes (avermelhadas) destacam as áreas que possuem alta e altíssima vulnerabilidade à erosão e as cores frias (esverdeadas) destacam as áreas com média vulnerabilidade à erosão.

As áreas mais susceptíveis à erosão do solo correspondem às variáveis que receberam as notas elevadas (10, 9 e 8). Nesses locais estão presentes as classes “solo exposto” e “campo”, declividades de “12 a 20%” e “5 a 12%” e o solo planossolos, que possuem uma baixa profundidade, o que limita o sistema radicular das plantas e como consequência limita também a capacidade de drenagem aumentando a vulnerabilidade à erosão. As áreas de média vulnerabilidade à erosão (tons de verde) são marcadas pela presença de florestas, menores declividades (“0 a 5%”) e o solo do tipo neossolo.

Na figura 2 observa-se que as áreas de altíssima vulnerabilidade à erosão do solo ocorrem com maior frequência na região centro-norte e oeste-sudoeste, enquanto as áreas de alta vulnerabilidade à erosão ocorrem em quase toda a extensão de Piratini. As áreas de média vulnerabilidade à erosão do solo encontram-se na região norte do município.

A área do estudo apresenta uma grande área de altíssima e alta vulnerabilidade à erosão, o que torna necessário o manejo do solo adequado, o monitoramento e a adoção de práticas preventivas (Tabela 3).

Tabela 3 - Quantificação da área de vulnerabilidade de erosão do solo, Piratini-RS

Área de vulnerabilidade de erosão do solo			
Notas	Classificação	Área (ha)	Contribuição (%)
Nota 5	Médio	4.328	1,22
Nota 6 e 7	Alto	255.113	72,07
Nota 8 e 9	Altíssimo	94.528	26,71
Total	-	353.969	100

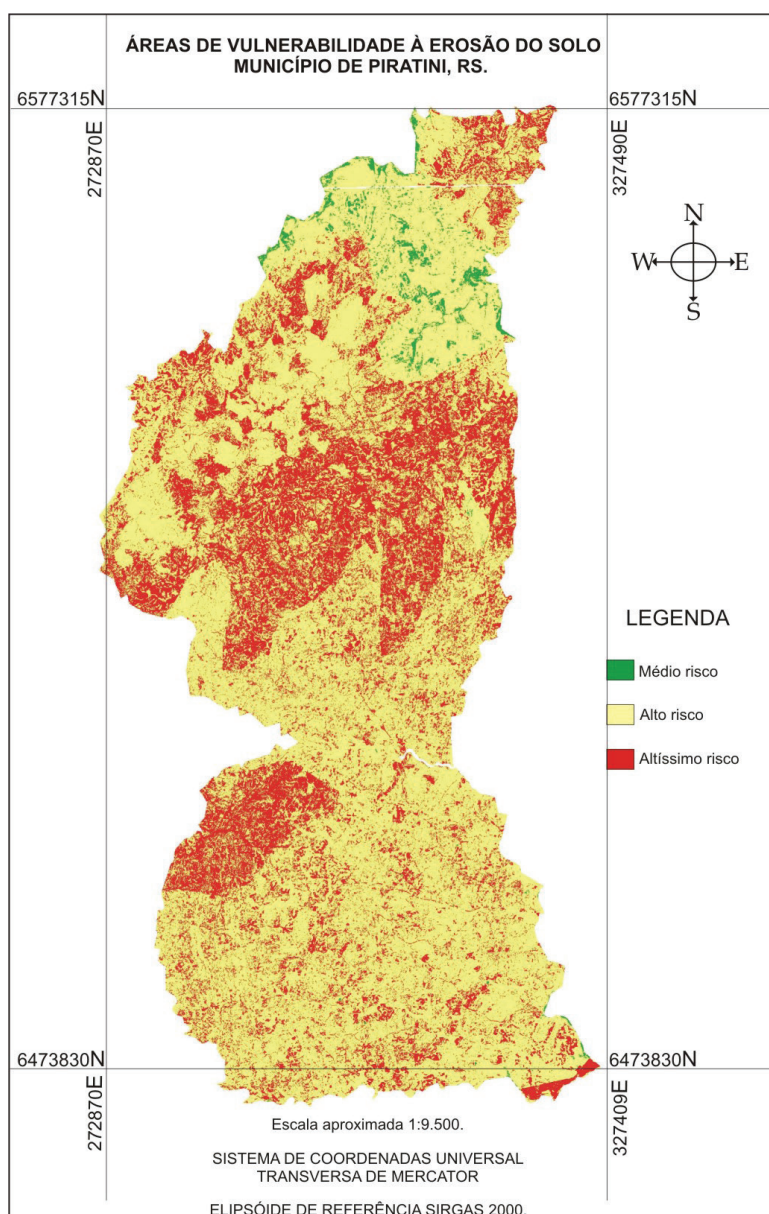


Figura 2 - Mapa de vulnerabilidade à erosão do solo, Piratini-RS

4 Conclusões

Os resultados demonstraram que 72,07% da área do município de Piratini, são áreas com alta vulnerabilidade à erosão do solo, enquanto que 26,71% representam áreas de altíssima vulnerabilidade e apenas 1,22% possui vulnerabilidade mediana à perda de solo.

As declividades entre “12 a 20%” e “5 a 12%”, assim como o solo Planossolo Háplico Eutrófico, são mais propícios a vulnerabilidade de erosão.

Desse modo, a classificação quanto à vulnerabilidade de erosão (altíssima, alta, e média) não indica basicamente uma reordenação no uso do solo, mas sim, ações mitigadoras que podem ser tomadas futuramente nas áreas mais susceptíveis à erosão no município de Piratini.

Referências

DPI/INPE. Divisão de Processamento de Imagens/ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/>>. 17 Ago. de 2014.

DUMMER, J.; KOESTER, E.; BRUCH, A. F. Levantamento geológico visando estudo sobre erosão do solo no município de Chuvisca, RS. In: Anais do XVI Encontro Nacional de Geógrafos [CD-ROM]; 2010; Porto Alegre-RS.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS, Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/737779/7/>>

- mapacapacidadedeuso.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2015.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL – FEPAM e secretaria Estadual de Meio Ambiente – SEMA. Zoneamento Ambiental para atividade de silvicultura. Vol. I e II. Porto Alegre, Janeiro de 2007.
- GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos Solos e a Questão Ambiental. In: Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2004.
- LIMA, W. P. O papel hidrológico da floresta na proteção dos Recursos Hídricos. I Congresso Florestal Brasileiro, Olinda. Revista Silvicultura, v. 41, p59-62. 1986.
- MACHADO, J. L. F. Hidroestratigrafia química preliminar dos aquíferos na região central do Rio Grande do Sul, Disponível em: <<http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/issue/view/1188/showToc>>. Acesso em: 12 jul. 2015.
- MARINO, T. B.; SILVA, J. X.; QUINTANILHA, J. A. Metodologia para tomada de decisão no âmbito de riscos socioambientais em áreas urbanas: desmoronamentos e enchentes em assentamentos precários na bacia do córrego Cabuçu de Baixo – SP. Revista Brasileira de Cartografia. n° 64/1, p. 83-101, 2012.
- MERICAN GEOLOGICAL INSTITUTE-AGI. Dictionary of Geological Terms. 1 ed. New York: Anchor Books, 1976.
- Ministério do Meio Ambiente-MMA. 2007. Vulnerabilidade ambiental desastres naturais ou fenômenos induzidos?. Disponível em: <http://fld.com.br/uploads/documentos/pdf/Vulnerabilidade_Ambiental_Desastres_Naturais_ou_Fenomenos_Induzidos.pdf> Acessado em: 17 out. 2015.
- NESKE, M. Z. Estilos de agricultura e dinâmicas locais de desenvolvimento Rural: o caso da pecuária familiar no território Alto Camaquã no Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural da Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS: Porto alegre, 2009.
- PIVETA, K. L. F.; SILVA FILHO, D. F. Arborização Urbana. Boletim Acadêmico, Série Arborização Urbana. Unesp, São Paulo. 2002. Disponível em: <http://www.uesb.br/flower/alunos/pdfs/arborizacao_urbana%20khatia.pdf>. Acesso em 18 out. 2015.
- SELL, J. C. Diferentes modelos, diferentes caminhos: a busca pela sustentabilidade ambiental no município de Piratini, RS. 2011. 173f. Dissertação (Mestrado em Geografia e Geociências). Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- SILVA, R. C. Análise das áreas suscetíveis à erosão na bacia do Arroio Pelotas (RS), com auxílio do Geoprocessamento. 2009. 140f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Rio Grande: Universidade Federal do Rio Grande.
- SILVA, A.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias hidrográficas. São Carlos: Rima Editora, 2003.
- STRECK, E. V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P. Solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: EMATER/RS; IFRGS, 2002.
- ROSS, J. L. S. Geomorfologia: Ambiente e Planejamento. 7ª ed. São Paulo: Editora Contexto, 2003.
- ROSSATO, M. S. Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia [tese]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2011.
- RIBEIRO, M.; BOCCHI, P. R.; FIGUEIREDO FILHO, P. M.; TESSARI, R.I. Geologia da Quadrícula de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro: DNPM/DFPM, 1966. 232 p. (Boletim, 127).
- ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. Revista do Departamento de Geografia, n. 8, São Paulo: FFLCH/USP, 1994.
- SALOMÃO, X. F. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: Guerra, A. T. Erosão e conservação dos solos: Conceitos, Temas e Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand de Brasil, 1999.
- VALÉRIO, F. M.; ARAÚJO, Jr. G. J. L. Técnicas de Geoprocessamento e Modelagem Aplicadas no Monitoramento de Áreas Submetidas aos Processos Erosão do Solo. In: Anais do 5º Simpósio Nacional de Controle de Erosão; 1995; Bauru-SP. 1995, p. 279-82.
- WHITTEN, D. G. A.; BROOKS, J. R. V. A dictionary of geology. [s.l.]. Harmondsworth: Penguin Books, 1976.
- WILDNER, W.; RAMGRAB, G. E. 1994. O Diorito Capim Branco. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 38, Camboriú, Boletim de Resumos Expandidos, 3:61-62.