



Vulnerabilidade natural e ambiental do município de Ponta Porã, Mato Grosso do Sul, Brasil

(<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.786>)

Thalita Beatriz Antunes Klais^{1,2}; Fabrício Bau Dalmas³, Renata Porto Morais^{1,2}; Gabriela Atique⁴; Giancarlo Lastoria⁵; Antonio Conceição Paranhos Filho^{1,2}

^{1,2,5}Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS.

e-mail: thaliklais@yahoo.com.br, eng.renataporto@gmail.com,

antonio.paranhos@pq.cnpq.br, g.lastoria@ufms.br

³Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. e-mail: fbdalmas@usp.br

⁴Universidade Estadual de Campinas, SP. e-mail: gabrielaatique@yahoo.com.br.

RESUMO

A vulnerabilidade natural mostra a pré-disposição do ambiente frente a fatores naturais como: geomorfologia, geologia, solos e a sua estabilidade em relação à morfogênese e à pedogênese. Já a vulnerabilidade ambiental é definida como qualquer susceptibilidade do ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer. Os objetivos deste trabalho foram avaliar o uso e a ocupação do solo do município de Ponta Porã, situado na divisa do Mato Grosso do Sul com o Paraguai, bem como determinar a sua vulnerabilidade Natural e Ambiental. Para tal, foram utilizados mapas de geologia, aptidão agrícola, declividade, cartas topográficas e imagens de satélite Landsat TM. A vulnerabilidade Natural foi média em 62,8% da área do estudo, baixa em 20,7%, alta em 12,8% e muito alta em 3,7%. Os altos valores de vulnerabilidade Natural refletiram em elevadas porcentagens de vulnerabilidade Ambiental. Sendo assim, foi constatado que 75,2 % do município, ou cerca de 400.704 ha, possui vulnerabilidade Ambiental alta a muito alta. Esses números foram encontrados principalmente em áreas onde o uso do solo é caracterizado por pastagens ou agricultura.

Palavras-chave: Cerrado, geotecnologias, vulnerabilidade natural e ambiental.

Natural and environmental vulnerability of Ponta Porã municipality, Mato Grosso do Sul State, Brazil

ABSTRACT

The natural vulnerability of the environment is prone to natural agents like geomorphology, geology, soils and its stability in relation to morphogenesis and pedogenesis. The environmental vulnerability is defined as the susceptibility of the environment to any potential impact caused by human actions. The objectives of this work were the evaluation of the land use at Ponta Porã municipality, located on the border between Mato Grosso do Sul (Brazil) and Paraguay, as well as the determination of its natural and environmental vulnerability. For this purpose, maps of geology, agricultural suitability, slope, topographic sheets and Landsat TM satellite images were used. The natural vulnerability had average values in 62.8% of the study area, low values in 20.7%, high in 12.8% and very high values in 3.7%. The high values of natural vulnerability corresponded to high values of environmental vulnerability as well. So it has been observed that 75.2% of the municipality, corresponding

to about 400,704 ha has high to very high environmental vulnerability. These numbers have been found mainly in areas occupied by pasture and crop lands.

Keywords: Cerrado, geo-technologies, natural and environmental vulnerability.

1. INTRODUÇÃO

O município de Ponta Porã, no sul do Estado de Mato Grosso do Sul, representa uma área de importância geopolítica, pois está localizado na fronteira com a República Federativa do Paraguai. Sua sede municipal possui conurbação internacional com Pedro Juan Caballero, o que lhe confere vantagens de localização e condições para o desenvolvimento de suas potencialidades econômicas: criação de gado, plantação de soja e milho (Mato Grosso do Sul, 1990).

Os municípios que se encontram em áreas de fronteira devem ter ferramentas para controle de seus territórios e assim promover estudos que integrem informações de interesse para essas áreas. Sendo assim, por meio do uso de geotecnologias podem-se elaborar estratégias de conservação ambiental, planos de manejo mais adequados e de baixo custo (Paranhos Filho et al., 2008).

Toda ação que modifique o estado natural do meio, como alguns tipos de uso do solo (desmatamento, corte de barrancos e disposição inadequada de resíduos sólidos no solo), pode resultar, de acordo com as características locais aliadas à intensidade desta ação, numa grandeza de efeitos adversos, ao que chamamos de vulnerabilidade. Este trabalho segue o conceito de vulnerabilidade descrito pelo Ministério do Meio Ambiente (Brasil, 2007).

A vulnerabilidade natural mostra a predisposição do ambiente frente a fatores ambientais (Grigio, 2008). Já a vulnerabilidade ambiental, segundo Tagliani (2003), é definida como qualquer suscetibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer.

Uma vez que é necessário ampliar a base de informações sobre os distúrbios ocorridos nos ecossistemas, devem-se buscar técnicas e instrumentos que reduzam custos e tempo para identificação de pontos vulneráveis (Carrijo, 2005). O sensoriamento remoto e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) têm sido importantes ferramentas para o monitoramento ambiental, pois elas permitem analisar a dinâmica da cobertura vegetal e do uso do solo e associar essas transformações às condições físicas do meio, aos mecanismos de produção agropecuários e à qualidade de vida das populações locais (Lorena et al., 2001).

Assim, neste trabalho foram criadas as cartas de vulnerabilidade natural e ambiental, a partir de técnicas de geoprocessamento, com a finalidade de promover o planejamento ambiental e ações de gestão territorial adequadas ao município de Ponta Porã.

2. MATERIAIS E MÉTODO

2.1. Área de estudo

A área de estudo é o município de Ponta Porã, localizado na porção sul do Estado de Mato Grosso do Sul, entre as coordenadas, UTM 591.732/708.400E, 7.607.260/7.481.883N, Fuso 21, *datum* Córrego Alegre (Figura 1).

A vegetação possui predominância de campos limpos formados por áreas extensas de gramínea e vegetação herbácea constituindo amplas pastagens naturais, com alternância de vegetação arbustiva e arbórea (mata ciliar). Os solos são principalmente Latossolos Vermelhos escuros com predominância de Latossolos Roxos (Maldonado et al., 2009). O

clima da região, segundo a classificação de Köppen é do tipo Aw (Mato Grosso do Sul, 2002).

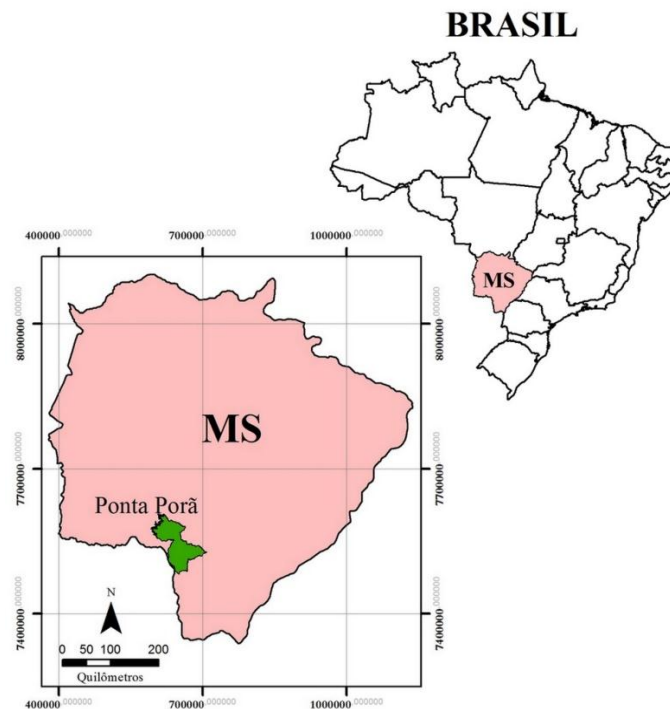


Figura 1. Localização do município de Ponta Porã, Mato Grosso do Sul, Brasil.

2.2. Metodologia

A carta de vulnerabilidade natural visa mostrar a predisposição do ambiente frente a fatores ambientais naturais como: geomorfologia; geologia; solos; estabilidade em relação à morfogênese e à pedogênese; e, para o fator vegetação, a estrutura das redes e teias alimentares, o estágio de fitossucessão e a biodiversidade. A carta de vulnerabilidade ambiental refere-se à susceptibilidade do ambiente a pressões antrópicas (Grigio, 2003).

Assim, a metodologia adotada neste trabalho baseou-se naquelas propostas por Grigio (2003) e Carrijo (2005), conforme destacado a seguir:

A) Carta de vulnerabilidade natural:

Atualização dos limites/contatos da carta temática de Geologia dos projetos RADAM (Brasil, 1982), com apoio da fotointerpretação de uma Banda PAN do sensor Landsat 7 – ETM+ do ano de 2000.

Utilização do Mapa de Aptidão do Solo do Atlas Multirreferencial do Estado de Mato Grosso do Sul (Mato Grosso do Sul, 1990).

Declividade do município de Ponta Porã, obtida por meio do processamento dos dados altimétricos da SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission*.

B) Carta de vulnerabilidade ambiental:

Cruzamento da vulnerabilidade natural com o mapa de solo de 2006. O mapa de uso do solo de 2006 foi elaborado a partir de classificação automática supervisionada das bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 da imagem do sensor Landsat 5-TM do ano de 2006, segundo a legenda do projeto *Coordination of Information on the Environment* (CORINE), utilizando o programa Erdas Imagine (Erdas Inc., 1997).

2.2.1. Elaboração dos mapas temáticos

2.2.1.1. Geologia

De acordo com Santos et al. (2003), a geologia é um fator pouco abordado em estudos de vulnerabilidade. Dessa forma, neste estudo, utilizou-se o conceito onde a geologia não é considerada apenas substrato de suporte da paisagem, mas também como um dos componentes que interagem com os demais temas.

Os contatos geológicos existentes no projeto RADAM (Brasil, 1982) foram atualizados por meio de fotointerpretação de uma banda pancromática Landsat ETM⁺ de 2006 (Barros et al., 2005), com a utilização do Macromedia FreeHand (Macromedia Inc., 2000). A geologia aflorante na área de estudo é constituída em 19,7% pela Formação Serra Geral e em 80,3% pela Formação Ponta Porã (Figura 2).

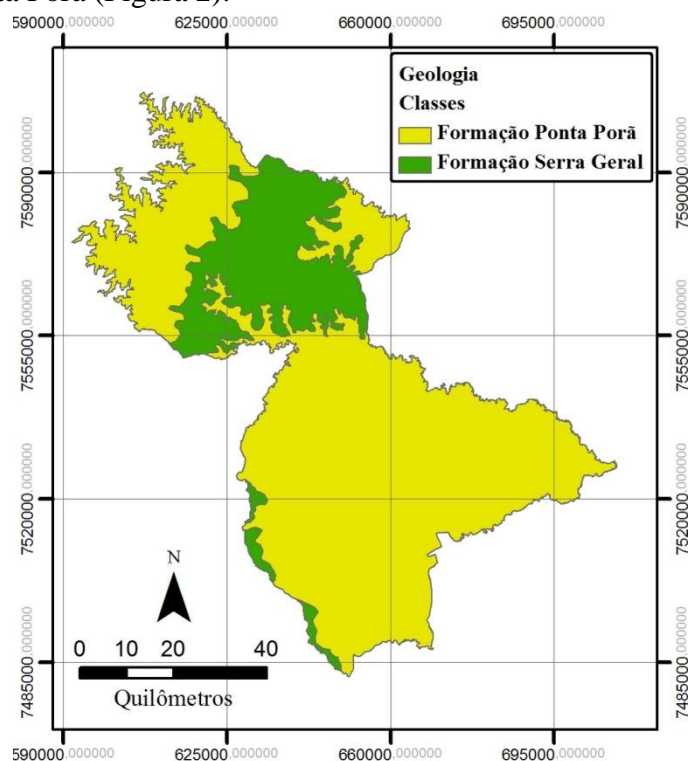


Figura 2. Mapa litológico do município de Ponta Porã.

Na Tabela 1 são observados os valores de vulnerabilidade atribuídos às classes de geologia do município de Ponta Porã.

Tabela 1. Valores de vulnerabilidade da geologia no município de Ponta Porã.

Geologia	Valores de vulnerabilidade
Serra Geral	1,5
Ponta Porã	3,0

2.2.1.2. Aptidão dos Solos

A aptidão agrícola dos solos é um elemento importante para o planejamento criterioso. Esse planejamento determina a capacidade produtiva das terras, por meio da interação entre o tipo de solo e de relevo, para a indicação de áreas aptas para lavouras, pastagens e silvicultura, além de áreas que são desaconselháveis ao processo produtivo. A aptidão agrícola dos solos

foi definida a partir do Mapa de Aptidão dos Solos do Atlas Multirreferencial do Estado de Mato Grosso do Sul (Mato Grosso do Sul, 1990) e pode ser visualizada na Figura 3.

São cinco fatores de limitações que podem dificultar ou até mesmo impedir a utilização das terras: deficiência de fertilidade, deficiência de água, excesso de água ou deficiência de oxigênio, susceptibilidade à erosão, e impedimentos à mecanização. Esses fatores podem atuar de forma integrada ou separadamente e são analisados para se determinar os grupos, as classe de aptidão agrícola, os subgrupos e/ou unidades de mapeamento.

Na Tabela 2 estão descritos as aptidões agrícolas encontradas no município de Ponta Porã e a participação de cada classe na área de Ponta Porã, de acordo com o ZEE do Mato Grosso do Sul (Mato Grosso do Sul, 2002).

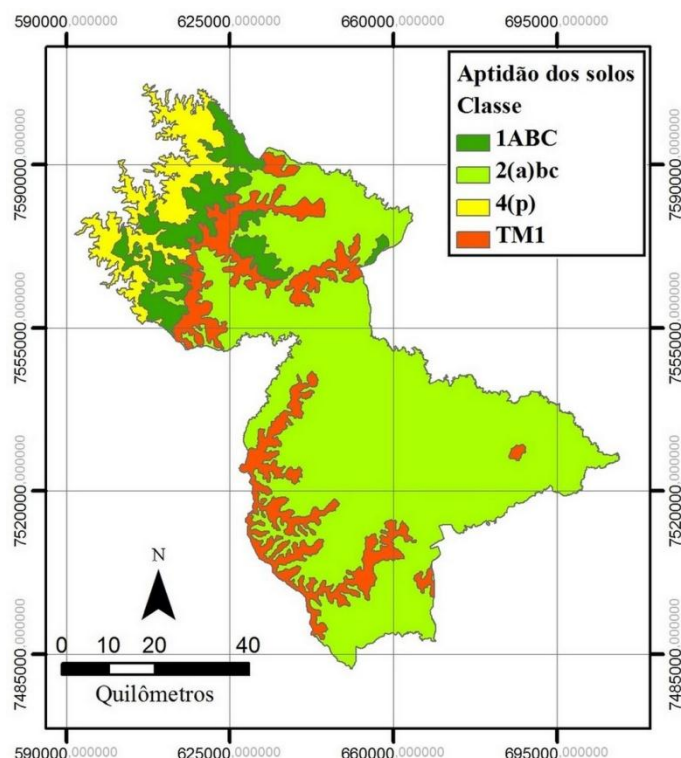


Figura 3. Mapa de aptidão dos solos de Ponta Porã.

Tabela 2. Subgrupos de aptidão agrícola encontrados no município de Ponta Porã.

CLASSE	DEFINIÇÃO	ÁREA
1ABC	Aptidão BOA para lavoura, nos níveis de manejo A, B e C.	8,18%
2(a)bc	Aptidão REGULAR para lavouras; RESTRITA no alto nível tecnológico – A, e para cultivos com lavouras em condições naturais das terras, nos níveis B e C.	68,80%
TM1	Aptidão INTERMEDIÁRIA. A utilização dessas terras requer pesquisas em lavouras, pastagem adaptadas e silvicultura. A utilização com pastagem plantada oferece menores riscos.	14,57%
4(p)	Aptidão RESTRITA à pastagem plantada. O impedimento ao uso de implementos agrícolas e a susceptibilidade à erosão são fatores mais limitantes.	8,45%

2.2.1.3. Declividade

A declividade do município foi obtida por meio do processamento dos dados altimétricos da SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). A SRTM fornece arquivos MDE (modelos digitais de elevação), gerados a partir de imagens de radar, com resolução 90 m (distribuídos gratuitamente na *web*). A Carta de Declividade foi obtida pela aplicação de um algoritmo para a geração de vetores a partir do programa Geomatica (PCI Geomatics, 2003).

Para a geração da Carta de Declividade (Figura 4) foram empregados os critérios de Nascimento et al. (INCRA, 2006), que estabelecem uma relação entre as formas de relevo e as classes de declividade e define a estabilidade para o relevo do município de Ponta Porã. A partir das classes de relevo e de declividade, considerando a estabilidade dos solos, foram estabelecidos os valores de vulnerabilidade. Foi determinado o valor de vulnerabilidade 1,0 para as áreas com até 5% de declividade. Para áreas onde o relevo possui de 5 a 29% de declividade foi adotado o valor 3,0 de vulnerabilidade.

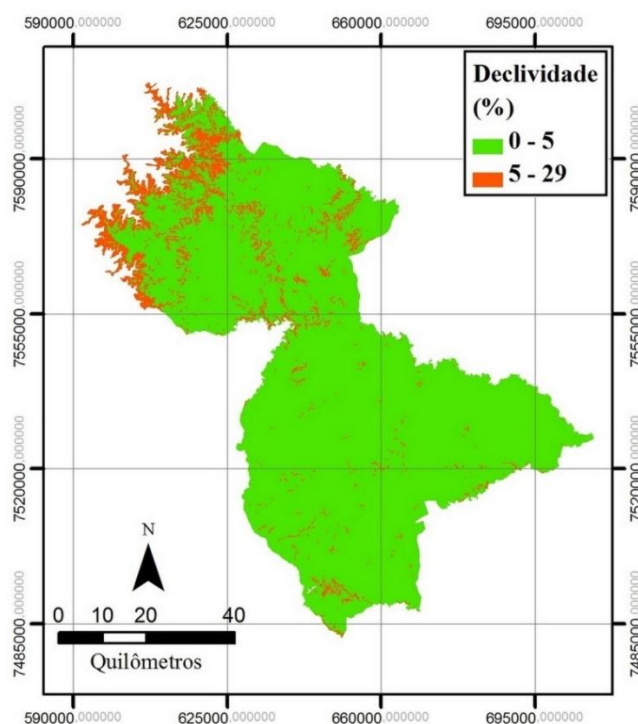


Figura 4. Mapa de declividade de Ponta Porã.

Para estabelecer valores de estabilidade ao se tratar o item declividade, foram empregados primeiramente os níveis utilizados pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA, 2006), descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Classes de relevo estabelecidas pelo INCRA.

RELEVO	%	Graus
Plano	0 - 5	0 - 2,9
Suave Ondulado	5 - 10	2,9 - 5,7
Ondulado	10 - 15	5,7 - 8,5
Muito Ondulado	15 - 25	8,5 - 14
Forte Ondulado	25 - 47	14 - 25
Áreas de Uso Restrito	47 - 100	25 - 45
Áreas de Preservação Permanente	> 100	> 45

Pode-se constatar na Carta de Declividade que o município é composto por 93% de áreas planas a suave onduladas (entre zero e 5%); enquanto 7% vão de ondulado a forte ondulado (entre 5% e 29%). A partir destes valores foi estabelecido o peso 1,0 para as áreas plana e suave ondulada; e 3,0 para áreas onde o relevo apresenta-se como ondulado a forte ondulado, portanto potencialmente mais suscetíveis à erosão.

2.2.1.4. Uso e Ocupação do Solo

O uso e ocupação do solo é um parâmetro importante por considerar o fator antrópico como atuante no processo de modelação da paisagem, ao alterar a configuração original da área de estudo. A caracterização do uso do solo no município de Ponta Porã foi elaborada por meio da classificação das bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 da imagem do sensor Landsat 5-TM do ano de 2006, no programa *Erdas Imagine* (Erdas Inc., 1997).

Quanto ao uso do solo em Ponta Porã, em 2006, 46% do território é utilizado para pastagens, 13% são constituídas por áreas de Cerrado, as áreas de assentamentos, matas e agricultura ocupam igualmente 6% do território. A área urbana corresponde a 1% do território, enquanto rios e lagos são responsáveis por 0,06% (Figura 5).

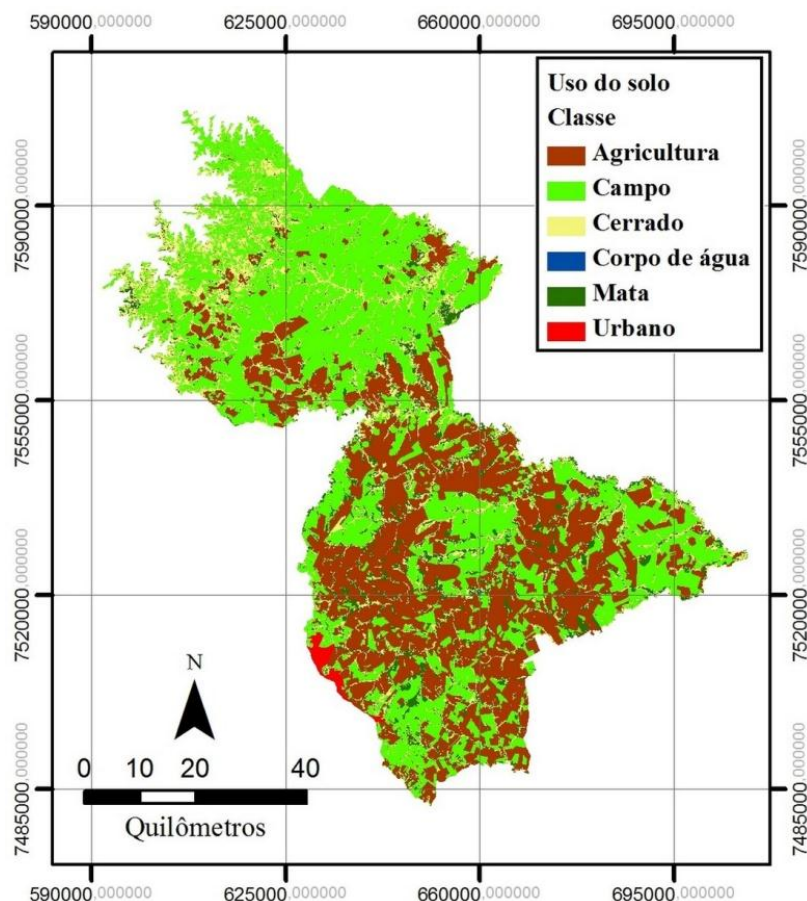


Figura 5. Mapa de uso e ocupação do solo, referente a 2006, do município de Ponta Porã.

Na Tabela 4 estão descritos os tipos de cobertura do solo encontrados no município de Ponta Porã e seus respectivos valores de vulnerabilidades.

Tabela 4. Valores de vulnerabilidade para os diferentes tipos de cobertura do solo encontrados no município de Ponta Porã.

COBERTURA DO SOLO	VALORES DE VULNERABILIDADE
Urbano	2,5
Pastagem	2,5
Agricultura	3,0
Matas	1,0
Cerrado	1,5
Corpos de água	2,0

2.2.2. Álgebra de mapas

Para a obtenção dos mapas de vulnerabilidade natural (VN) e vulnerabilidade ambiental (VA) do município de Ponta Porã foi utilizada a álgebra de mapas, que pode ser definida como um conjunto de técnicas para análise da informação geográfica. Esse conjunto inclui a reclassificação, a intersecção (*overlay*), bem como operações matemáticas entre mapas e as consultas a bancos de dados (Câmara e Daves, 2001).

O Uso da álgebra de mapas é utilizado no cruzamento de atributos bióticos e abióticos para o estudo de vulnerabilidade, não havendo uma metodologia consagrada ou modelos prontos aplicáveis que leve em consideração as particularidades de cada região (Carrijo, 2005).

A VN e VA foram elaboradas conforme a metodologia proposta por Grigio (2003), sendo que a VN é obtida por meio do cruzamento dos mapas temáticos de geologia, aptidão dos solos e declividade. Já a VA é obtida do cruzamento do mapa de VN, com uma carta de uso e ocupação de solo. Tais cruzamentos foram realizados com álgebra de mapas tradicional, no modo tabular (diretamente nas tabelas), com a utilização da extensão Avenza MaPublisher (Avenza Systems Inc., 2001), que proporciona as potencialidades de um SIG ao Macromedia FreeHand (Macromedia Inc., 2000).

2.2.2.1. Cruzamento dos Mapas Temáticos

Optou-se utilizar a metodologia ecodinâmica de Tricart (1997), em que a estabilidade de cada unidade é classificada conforme a Tabela 5.

Tabela 5. Valores de estabilidade de unidades de paisagem.

UNIDADE	RELAÇÃO PEDOGÊNESE/MORFOGÊNESE	VALOR ADOTADO
Estável	Prevalece a pedogênese	1
Intermediário	Equilíbrio entre pedogênese e morfogênese	2
Instável	Prevalece a morfogênese	3

Fonte: (Grigio, 2003).

O grau de vulnerabilidade estipulado para cada classe foi distribuído em uma escala de um a 3,0 com intervalo de 0,5. Para valores próximos a um prevalece à pedogênese; próximos a 2,0 existe um equilíbrio entre a pedogênese e a morfogênese; e próximos a 3,0 prevalece a morfogênese. Esse critério foi utilizado para os mapas de geologia, aptidão dos solos, declividade e uso do solo.

Os pesos atribuídos para cada mapa temático obtido para o município de Ponta Porã podem ser vistos na Tabela 6.

Tabela 6. Pesos atribuídos à vulnerabilidade das classes de cada mapa temático.

MAPA	CLASSES	PESO
Geologia	JKsg – Serra Geral	1,5
	Kb – Grupo Bauru	3,0
Aptidão do Solo	1ABC	3,0
	TM1	2,0
	2 (a)bc	2,0
	4p	1,0
Declividade	0 – 5	1,0
	5 – 29	3,0
Uso do solo	Agricultura	3,0
	Área Urbana	2,5
	Pastagem	2,5
	Rios	2,0
	Lagoas	2,0
	Cerrado	1,5
	Mata	1,0

Estabelecidos os valores de cada classe nos mapas citados, procedeu-se o cruzamento entre os mesmos, o que resultou na carta de vulnerabilidade natural.

A VN é a média aritmética dos valores de vulnerabilidade de cada classe. O resultado da média aritmética foi distribuído em seis classes, conforme proposto por Grigio (2003):

- Sem classificação (menor ou igual a 0,9).
- Muito baixa (de 1,0 a 1,3 de vulnerabilidade).
- Baixa (de 1,4 a 1,7 de vulnerabilidade).
- Média (de 1,8 a 2,2 de vulnerabilidade).
- Alta (de 2,3 a 2,5 de vulnerabilidade).
- Muito alta (maior ou igual a 2,6 de vulnerabilidade).

Para a obtenção da carta de vulnerabilidade ambiental foi aplicado o método de ponderação dos fatores, que permite a compensação entre os fatores analisados por meio de um conjunto de pesos relativos à importância de cada fator. Foram feitos vários cruzamentos com os diferentes pesos compensatórios (Tabela 7). O resultado foi distribuído em seis classes de VA, semelhante às classes utilizadas na carta de vulnerabilidade natural, conforme proposto por Grigio (2003).

Tabela 7. Os diferentes pesos compensatórios utilizados na vulnerabilidade natural e no uso do solo para a obtenção da vulnerabilidade ambiental final.

Teste	Fator			
	Vulnerabilidade natural		Uso do Solo	
T1	20%		80%	
T2	30%		70%	
T3	40%		60%	
T4	50%		50%	
T5	60%		40%	
T6	70%		30%	
T7	Geologia 10%	Aptidão dos Solos 20%	Declividade 10%	Uso e Ocupação do Solo 60%

3. RESULTADOS

3.1. Vulnerabilidade natural (VN)

Na região com maior VN ocorre influência direta pelos maiores valores de vulnerabilidade de declividade. Nesta área a litologia é a Formação Bauru e o solo tem boa aptidão para pastagem (região nordeste do município).

A VN média se concentra onde há a junção da Formação Bauru com a aptidão do solo regular. Nestes lugares já existe uma alta erodibilidade pela geologia presente e a aptidão dos solos tem restrições quanto ao manejo na agricultura.

A vulnerabilidade baixa se concentra onde há a Formação Serra Geral e com aptidão com restrição à agricultura. O município se encontra em sua maioria classificado entre intermediário a estável, considerado equilibrado entre a pedogênese e a morfogênese.

Assim, quanto às classes de VN observadas, foi classificada como média vulnerabilidade 62,8% da área, baixa em 20,7%, alta em 12,8%, e muito alta em 3,7% (Figura 6). Quanto ao uso e dos solos, 46% do território é utilizado para pastagens, 13% são constituídos por áreas de Cerrado, enquanto as áreas de matas e agricultura ocupam igualmente 6% do território. A área urbana corresponde a 1% do território, enquanto rios e lagos são responsáveis por 0,06%.

3.2. Vulnerabilidade ambiental (VA)

De acordo com a carta de VA, 75,2% do território (cerca de 400.704 ha) variou de alta a muito alta vulnerabilidade, seguida de média vulnerabilidade em 11,00%, baixa em 13,10% e muito baixa em 0,7% (Figura 7). A VA é baixa onde não há ocupação antrópica, como as áreas de matas e lagoas. Já os locais onde a VA é média (sua maior parte), as áreas são ocupadas por pastagem.

Pode-se observar também que a área que está sendo utilizada para a agricultura é encontrada na carta de Aptidão dos Solos com um VA elevado, com algumas restrições para a agricultura. Sugere-se nestes casos um maior cuidado nas práticas de manejo.

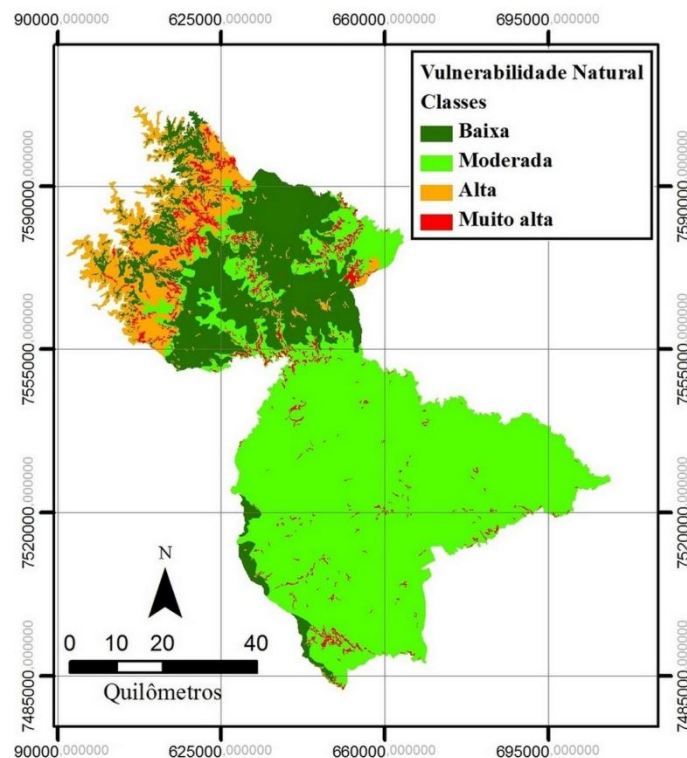


Figura 6. Mapa de VN do município de Ponta Porã.

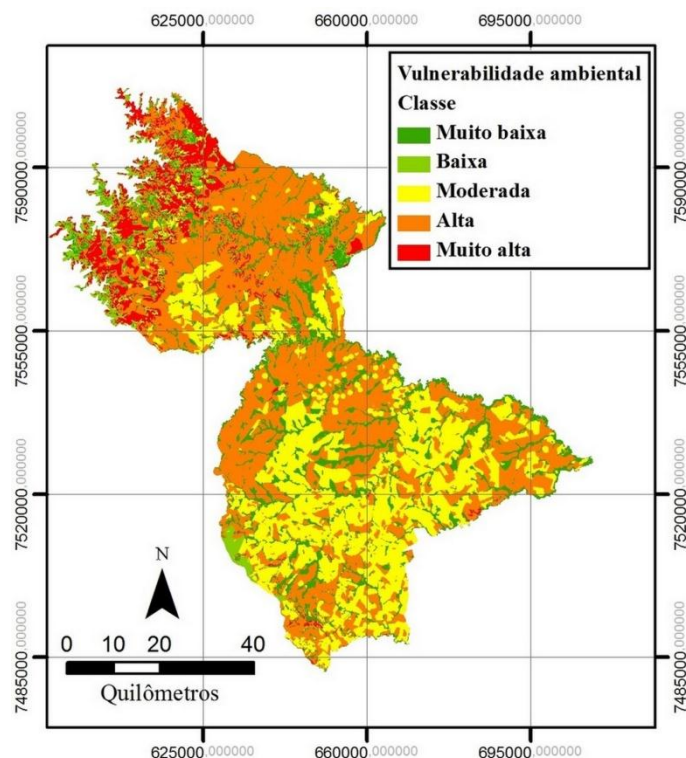


Figura 7. Mapa de VA do município de Ponta Porã.

Na Tabela 8 é possível visualizar os valores em área e porcentagem relativos às vulnerabilidades natural e ambiental.

Tabela 8. Valores de VA em área (ha) e em porcentagem do município de Ponta Porã.

CLASSES	VN		VA	
	(ha)	%	(ha)	%
Muito Baixa	-	-	3730,0	0,7
Baixa	110300,4	20,7	69803,6	13,1
Média	334631,1	62,8	58613,7	11,0
Alta	68205,1	12,8	254170,5	47,7
Muito Alta	19715,5	3,7	146534,3	27,5

4. DISCUSSÃO

A vulnerabilidade natural média em 62,8% da área de estudo pode ser explicada pelo conjunto de características que constituem a própria paisagem. Nessa área grande parte do relevo varia entre suave ondulado a plano, a litologia é a Formação Serra Geral e a aptidão do solo é regular. A VN alta e muito alta ocorre em algumas regiões devido à influência direta dos maiores valores de vulnerabilidade para a declividade. Estes locais são constituídos pela Formação Serra Geral e aptidão dos solos restrita para as pastagens. Essas características em conjunto são responsáveis por mais de 16,5% do território do município ser naturalmente composto por áreas de alta a muito alta vulnerabilidade. As áreas de VN média, alta e muito alta estão em locais de alto potencial à erosão pela geologia existente na região, sendo que nessas os solos são naturalmente mais rasos. Além disso, estas áreas apresentam aptidão dos

solos restrita quanto ao manejo na agricultura. Já nos locais de VN baixa, os solos são mais profundos e garantem maior estabilidade quanto ao seu uso.

Quanto à vulnerabilidade ambiental, os altos valores encontrados são devidos à intensa ocupação do solo, por pastagens e agricultura. A conversão das áreas florestadas, resultado da ação humana, para cultivo de terras, construção de estradas e criação e expansão dos centros urbanos tem ocasionado acentuada modificação na paisagem natural, atingindo, muitas vezes, áreas de grande sensibilidade ambiental (Cemin et al., 2009). Isso corrobora os baixos índices de VA encontrados em locais do município que ainda não foram alterados pelo uso antrópico, como por exemplo, as áreas de matas, cerrados e lagoas.

Além disso, a área que atualmente é utilizada em Ponta Porã para a agricultura é classificada na carta de Aptidão dos Solos com restrições para este fim. Áreas com aptidão dos solos restrita são caracterizadas pelo impedimento quanto ao uso de implementos agrícolas, além de serem locais com alta susceptibilidade à erosão (Mato Grosso do Sul, 1990).

5. CONCLUSÃO

O método utilizado na elaboração das cartas de vulnerabilidade apresentou resultados que podem ser utilizados para estudos de planejamento relativos à questão espacial e ambiental de Ponta Porã. A utilização de um Sistema de Informação Geográfica nesse caso foi fundamental, principalmente porque se constitui em uma ferramenta com recursos para a integração de diferentes informações cartográficas, por meio da álgebra de mapas.

A análise da vulnerabilidade natural permitiu verificar que o município encontra-se, em sua maior parte, em situação intermediária a estável. Por outro lado, as áreas de pastagens e agricultura estão inseridas nos locais de maior vulnerabilidade ambiental, principalmente em locais de maior declividade, que representam 7% da área total do município.

Por fim, as cartas de vulnerabilidade natural e ambiental devem ser empregadas pela administração municipal de Ponta Porã no planejamento do uso e ocupação do solo, visando à regularização do manejo agrícola nas áreas de maior vulnerabilidade.

6. REFERÊNCIAS

- AVENZA SYSTEMS INC. **MaPublisher**. Version 4.0. Toronto, 2001. 1CD-ROM.
- BARROS, R. S. de; CRUZ, C. B. M.; REIS, R. B.; COSTA JR., N. de A. Avaliação do modelo digital de elevação do SRTM na ortorretificação de imagens Landsat 7 – área de aplicação: Angra dos Reis, RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 12., Goiânia, 2005. **Proceedings...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 3997-4004.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais, Geologia. **Levantamento de recursos naturais, Campo Grande - Folha SF 21**. Rio de Janeiro, 1982.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Vulnerabilidade ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos?** Brasília, 2007. 192 p.
- CÂMARA, G.; DAVES, C. Arquitetura de sistemas de informação geográfica. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Org.). **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 42 – 76.

CARRIJO, M. G. G. **Vulnerabilidade ambiental**: o caso do Parque Estadual das Nascentes do Rio Taquari. 2005. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2005.

CEMIN, G.; PERICO, E.; REMPEL, C. Composição e configuração da paisagem da sub-bacia do arroio jacaré, Vale do Taquari, RS, com ênfase nas áreas de florestas. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 33, n. 4, p. 705-711, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622009000400013>

ERDAS INC. **Erdas Imagine**. Version 8.3.1. Atlanta, 1997. 1 CD ROM.

GRIGIO, A. M. **Aplicação do sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do município de Guaramé (RN)**: simulação de risco às atividades da indústria petrolífera. 2003. 230f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica) - Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.

GRIGIO, A. M. **Evolução da paisagem do baixo custo do Rio Piranhas-Assu (1988-2024)**: Uso de autômatos celulares em modelo dinâmico espacial para simulação de cenários futuros. 2008. 205f. Tese (Doutorado em Geodinâmica) - Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA - INCRA (Brasil). **Manual de obtenção de terras e perícia judicial**: módulo II - levantamento de dados e informações de imóveis rurais. 2006. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/index.php/servicos/publicacoes/manuais-e-procedimentos/file/652-manual-de-obtencao>>. Acesso em: 11 jun. 2012.

LORENA, R. B.; SANTOS, J. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; SANT'ANNA, H. M.; SANT'ANNA, H. S. S.; MENEZES, R. S. Dados multitemporais de sensoriamento remoto para análise da dinâmica do solo e da cobertura da terra na região do Peixoto (AC). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10., 2001, FOZ DO IGUAÇU. **Proceedings...** São José dos Campos: INPE, 2001. p. 1653-1656.

MACROMEDIA INC. **FreeHand**. Version 9. Hackensack, 2000. 1 CD ROM.

MALDONADO, F. D.; SESTINI, M. F.; VALLES, G. F.; SANTOS, C. P. F. Detecção de mudanças com técnica de Rotação Radiométrica, RCEN, inovações para uma abordagem prática usando SPRING. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Proceedings...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 1433-1440.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral. Atlas multirreferencial do Estado do Mato Grosso do Sul. Campo Grande: Governo Estadual; Fundação IBGE, 1990.

MATO GROSSO DO SUL. **Zoneamento ecológico-econômico do Mato Grosso do Sul**: contribuições técnicas, teóricas, jurídicas e metodológicas. Campo Grande, 2002. Vol. 1. 128p.

KLAIS, T. B. A.; DALMAS, F. B.; MORAIS, R. P.; ATIQUE, G.; LASTORIA, G.; PARANHOS FILHO, A. C. Vulnerabilidade natural e ambiental do município de Ponta Porã, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 277-290, 2012. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.786>)

PARANHOS FILHO, A. C.; LASTORIA, G.; TORRES, T. G. **Sensoriamento remoto ambiental aplicado**: introdução as geotecnologias. Campo Grande: Editora UFMS, 2008. 198 p.

PCI GEOMATICS. **Geomatica**. Versão 9.1 for Windows. Toronto, 2003. 1 CD-ROM.

SANTOS, R. F.; ABDON, M. M.; SILVA, J. S. V.; POTT, A. A construção de cenários e a mudança temporal da cobertura vegetal na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari (MS/MT). In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 6., 2003, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SEB, 2003.

TAGLIANI, C. R. A. Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informação. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. p. 1657-1664.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: SUPREN/IBGE, 1977. 91p.