

ANÁLISE TEMPORAL DA VULNERABILIDADE DA PAISAGEM À PERDA DOS SOLOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SALOBRA- SERRA DA BODOQUENA, MATO GROSSO DO SUL¹

SILVA NETO, João Cândido André²; ALEIXO, Natacha Cintia Regina³

Resumo

A vulnerabilidade das paisagens pode ser definida pela ausência de condições que sustentam a integridade da estrutura e dinâmica de uma paisagem. Nessa perspectiva utilizou-se a metodologia da vulnerabilidade das paisagens à perda de solos, elaborada por Crepani (2001), objetivando a correlação de variáveis da paisagem e o estabelecimento da escala para se identificar os níveis de vulnerabilidade, que a partir de uma perspectiva temporal analisou-se as configurações das paisagens em dois momentos, nos anos de 1979 e 2009. Utilizou-se como ferramenta principal para análise os Sistemas de Informações Geográficas, que possibilitaram o manuseio de um conjunto de dados, que puderam ser integrados e representados em mapas síntese de vulnerabilidade à perda de solos. Os resultados mostraram que a bacia hidrográfica do rio Salobra, caracterizou-se como um ambiente que tem representativa área com níveis de vulnerabilidade muito forte e forte aproximadamente 21% no ano de 1979 e 33% no ano de 2009, quanto às classes de vulnerabilidade Fraca que em 1979 correspondiam a 23% verificou-se em 2009 a que mesma classe correspondeu a 11%. Quanto à análise temporal da vulnerabilidade foram estabelecidas classes: Aumento dos níveis de vulnerabilidade, Conservação dos níveis de vulnerabilidade e Diminuição dos níveis de vulnerabilidade, nesse sentido, assim, 32% da área estudada apresentou aumento no índice de vulnerabilidade à perda de solos, 60% da área da bacia permaneceu o nível de vulnerabilidade e apenas 8% apresentou diminuição do nível de vulnerabilidade. Desse modo, os resultados apresentados podem auxiliar pesquisas futuras, diagnósticos sobre capacidade de suporte desse ambiente além de subsidiar as diretrizes para ordenamento territorial e plano de manejo na área.

Palavras-chave: Vulnerabilidade, Paisagem, Sistemas de Informações Geográficas.

ANÁLISIS TEMPORAL DE LA VULNERABILIDAD DE PAISAJE, LA PERDIDA DE SUELOS EN LA CUENCA DEL RÍO SALOBRA- SIERRA BODOQUENA, MATO GROSSO DO SUL

Resumen

La vulnerabilidad de los paisajes puede ser definida como la ausencia de las condiciones que sostienen la estructura y la dinámica de un paisaje. Desde esta perspectiva se utilizó la metodología de la vulnerabilidad de paisajes a la pérdida de suelos, propuesta por Crepani (2001), cuyo objetivo fue correlacionar las variables de los paisajes y el establecimiento de una escala para identificar los niveles de vulnerabilidad a partir de una perspectiva temporal en la que se analizaron las configuraciones de paisajes en dos momentos, en 1979 y en 2009. Se utilizó, como herramienta principal de análisis, el conjunto de los sistemas de información geográfica los cuales posibilitan la manipulación de bases de datos, que pueden ser integrados y representados mediante mapas síntesis de vulnerabilidad a la pérdida de suelos. Los resultados muestran que la cuenca hidrográfica del río Salobra se caracterizó por un ambiente que tiene áreas representativas con niveles de vulnerabilidad fuerte y muy fuerte de, aproximadamente, 21% en el año 1979 y 33% en el año 2009. En relación al tipo de vulnerabilidad débil, que en 1979 era del 23%, se verificó que para el año 2009 la misma clase correspondía al 11%. Respecto al análisis temporal de la vulnerabilidad se establecieron las siguientes clases: aumento de los niveles de vulnerabilidad, conservación de los niveles de vulnerabilidad y disminución de los niveles de vulnerabilidad; en este sentido, 32% del área estudiada presentó aumento en el índice de vulnerabilidad a la pérdida de suelos, 60% del área de la cuenca hidrográfica conservó el nivel de vulnerabilidad y tan solo el 8% presentó disminución en el nivel de vulnerabilidad. De este modo, los resultados presentados pueden auxiliar investigaciones futuras, diagnósticos sobre la capacidad de soporte del ambiente además de subsidiar las directrices para el ordenamiento territorial y los planos de manejo ambiental en el área de estudio.

Palabras clave: Vulnerabilidad, Paisaje, Sistemas de Información Geográfica.

¹Resultados oriundos da tese de doutorado do primeiro autor, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UNESP – Campus de Presidente Prudente.

²Professor Adjunto do curso de Geografia da Universidade do Estado do Amazonas – UEA/CEST. Grupo de Pesquisa Geotecnologias e Análise da Paisagem. E-mail: joaokandido@yahoo.com.br

³Professora Adjunta do curso de Geografia da Universidade do Estado do Amazonas – UEA/CEST. Grupo de Pesquisa Geotecnologias e Análise da Paisagem. E-mail: natachaaleixo@yahoo.com.br

TEMPORAL ANALYSIS OF THE VULNERABILITY OF LANDSCAPE TO LOSS OF SOILS ON WATERSHED IN SALOBRA RIVER - BODOQUENA PLATEAU, MATO GROSSO DO SUL STATE.

Abstract

The landscapes vulnerability can be defined as the absence of conditions which sustain a landscape structure integrity and dynamics. In this perspective, landscapes vulnerability to soil loss methodology was used, elaborated by Crepani (2001), aiming the correlation of landscape variables and establishing a scale to identify the vulnerability levels, that from a temporal perspective was analyzed two moments of landscapes configurations, in 1979 and 2009. A central tool for analyzing the Geographic Information Systems (GIS) was used, which enabled the handling of a data set, which could be integrated and represented in synthesis maps of vulnerability to soil loss. The results showed that the watershed in Salobra river, was characterized as an environment that has a representative area with vulnerability levels Strong and Very Strong, approximately 21% in 1979 and 33% in 2009, consequently it was observed the decrease in areas that had levels of vulnerability Weak in 1979 these areas correspond to 23%, and in 2009 were reduced to 11%. It has been found that 32% of the study area showed increased level of vulnerability to soil loss, 60 % of the watershed area remained the level of vulnerability, only 8% had a decrease of the level of vulnerability. These results can assist future research, diagnostics on environment support capacity and subsidize guidelines for territorial ordering and management plans in the area.

Keywords: Vulnerability, Landscape, Geographic Information Systems.

1. INTRODUÇÃO

A intensificação dos processos erosivos está frequentemente associada aos usos inadequados da terra, que normalmente ocorrem sem o conhecimento prévio da área utilizada. No processo de apropriação da natureza pensado a partir da lógica econômica, qualquer área pode ser explorada, desrespeitando assim os limitantes físico-naturais das paisagens.

A intensidade da atuação antrópica na natureza associa-se diretamente com o modo como se configuram as paisagens atuais/antrópicas, assim, o entendimento dos processos de atuação antrópica materializada pelos tipos de usos da terra, pode ajudar a compreender essa dinâmica, que é impulsionada principalmente pelas intencionalidades intrínsecas em cada tipo de uso da terra.

Silva Neto (2014) considerou que áreas de incompatibilidade do uso da terra correspondem às áreas utilizadas de maneira inadequada para desenvolvimento das atividades como a pecuária e agricultura, onde não são respeitadas as limitações físico-naturais de ambientes vulneráveis, como exemplo, áreas com relevo fortemente dissecado ou áreas de solos rasos suscetíveis à erosão.

Esse cenário é visualizado de modo cada vez mais frequente, visto que, historicamente no território brasileiro, vem sendo imposto um processo de apropriação da

natureza, de uma maneira em que esta é concebida apenas como uma mercadoria. Logo, passível de uma superexploração, de forma inconsequente e sem planejamento adequado.

Nesse sentido é destacada a primeira indagação da presente proposta, que é questionar sobre o fato do aumento da produção agropecuária, a qual exige maiores áreas para serem exploradas, e conseqüentemente esse processo pode acarretar a degradação das paisagens naturalmente vulneráveis.

Outra questão motivadora diz respeito à contradição entre apropriação e conservação da natureza, que pode ser abordada como uma incoerência entre o tempo da natureza- o tempo que escoá, e o tempo do homem – tempo que se faz (SUERTEGARAY e NUNES, 2001). Nessa análise as paisagens atuais resultariam das dinâmicas em que a relação entre sociedade e natureza ocorre de modo mais intenso e impactante, ou seja, são introduzidos elementos alheios às paisagens naturais e novas formas e processos são delineados nas paisagens atuais.

Suertegaray e Nunes (2001) observaram que a velocidade das intervenções na dinâmica da natureza, ocasionam transformações expressivas na paisagem, decorrentes da criação de novos equipamentos tecnológicos, que objetivam a exploração dos recursos naturais entendidos nesse processo como uma mercadoria.

A discussão sobre pensamento complexo permite uma aproximação da aplicação dos conceitos de estabilidade, instabilidade e vulnerabilidade no estudo das paisagens, esta última pode ser entendida como uma resposta ao processo de apropriação e superexploração da natureza.

Assim, abordou-se a problemática do processo de apropriação da natureza na perspectiva da racionalidade ambiental de acordo com Leff (2002), o qual os processos erosivos foram enfatizados como um problema de ordem socioambiental desencadeado pela superexploração da natureza.

Nessa perspectiva, a vulnerabilidade das paisagens à perda de solos é entendida como as rupturas desencadeadas pela atuação da sociedade na natureza, enfatizando uma nova organização das formas espaciais que se materializam na paisagem.

Desse modo, o objetivo do presente artigo é analisar os níveis de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos a partir de uma perspectiva temporal, a qual se comparou os níveis de vulnerabilidade nos anos 1979 e 2009, por meio da análise espacial em Sistema de Informações Geográficas.

2. VULNERABILIDADE DAS PAISAGENS

Entende-se por vulnerabilidade das paisagens a conjuntura que uma determinada área possa estar sujeita e, que atrelada à falta de condições específicas para se manter estável, pode alterar as qualidades iniciais dos atributos da paisagem (SILVA NETO, 2014).

Tagliani (2003) considerou que a vulnerabilidade ambiental significa a maior ou menor suscetibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer, avaliada segundo vários critérios ou variáveis.

Vulnerabilidade pode ser definida ainda pela ausência de condições que sustentam a integridade da estrutura e dinâmica de uma determinada paisagem, resultando em mudanças e transformações representativas no contexto da totalidade. Este conceito pode significar estar suscetível à transformação de um estado inicial a um estado atual transfigurado pela ação antrópica.

Andersen e Gosk (1987 apud Melo, 2011) definiram vulnerabilidade ambiental como qualquer conjunto de fatores ambientais de mesma natureza que, na presença de atividades atuais ou futuras, poderão sofrer adversidades e comprometer, de forma completa ou parcial, o equilíbrio ecológico da região em análise.

As duas definições tratam o conceito abordado em uma perspectiva abrangente, na qual o termo ambiental assume uma conotação genérica, para se tratar da natureza. Destaca-se que os estudos de vulnerabilidade devem delimitar seu objeto de estudo, buscando esclarecer exatamente à que um determinado objeto ou sujeito é vulnerável.

Nápoles (2008) apresenta uma definição interessante para vulnerabilidade ao tratá-la sob uma perspectiva social, abordando outros dois conceitos, robustez e resiliência.

O primeiro de Robustez significa que as propriedades estruturais e outras de um sistema lhe permitem tratar dos distúrbios, sem que os mesmos provoquem mudanças duráveis em sua estrutura e dinâmica.

O segundo conceito, o de Resiliência seria a capacidade de um sistema absorver e utilizar, ou ainda beneficiar-se das perturbações e mudanças que o arranjam de tal modo, que não provocam mudanças qualitativas na estrutura do sistema.

Assim, Nápoles (2008) considerou:

Para comprende el significado de la vulnerabilidad se precisa de esos dos conceptos, la diferencia entre éstos, por lo tanto, parece encontrarse en el sentido que los cambios (no estructurales) en las dinámicas pueden ser introducidos en un sistema bajo el impacto de cambios en las circunstancias externas. La “vulnerabilidad” se refiere a la instancia donde ni la robustez ni la resiliencia permiten a un sistema sobrevivir sin cambios estructurales. En tales casos, o bien el sistema se adapta estructuralmente o se dirige al caos. (NÁPOLES, 2008, p.142).

Desse modo, a vulnerabilidade indica dois caminhos distintos para um determinado sistema: a adaptação da sua estrutura conforme as mudanças estabelecidas, ou o direcionamento para a degradação do sistema.

Estabelecer o que diz respeito à vulnerabilidade, permite considerar que cada variável contribui de alguma maneira para o nível de vulnerabilidade da paisagem, como por exemplo: a proposta por Crepani (2001) para identificar os níveis de vulnerabilidade à perda dos solos, na qual são abordadas variáveis como tipos de solos, unidades litológicas, relevo, cobertura vegetal e uso da terra e intensidade pluviométrica, que estão diretamente ligadas aos processos de perda de solos, atribuindo assim valores/pesos para cada variável, de acordo com suas características físico-naturais.

Crepani (2001) considerou que os tipos de atividade antrópica desenvolvida sobre uma determinada unidade de paisagem podem representar sua destruição devido a sua pequena capacidade de absorver os estímulos advindos das atividades econômicas. Assim considera-se que a vulnerabilidade das paisagens à perda solos, além dos condicionantes naturais, como tipos de solos, relevo, clima, litologia, seja fortemente influenciada pela atuação antrópica.

Nesses termos, é necessário diferenciar a vulnerabilidade da paisagem em duas tipologias distintas, a primeira seria a vulnerabilidade natural, definida como a ausência natural de qualidades, para sustentar sua estrutura e dinâmica, resultando na adaptação a uma nova estrutura e dinâmica, ou na degradação da paisagem.

Um bom exemplo para esse caso seria a paisagem que apresentam relevo fortemente dissecado, solos suscetíveis à erosão, rochas pouco resistentes e forte intensidade pluviométrica na área de estudo.

A segunda tipologia seria a vulnerabilidade antrópica, definida como a paisagem que torna-se vulnerável de acordo com a intensificação da atuação antrópica em áreas que apresentam alguma sensibilidade para que sua dinâmica e estrutura sejam alteradas. Por exemplo, as áreas de desmatamento que alteram as dinâmicas de escoamento superficial, intensificando os processos erosivos, levando à perda significativa de solos.

Portanto, a vulnerabilidade pode ser entendida como a capacidade maior ou menor, de um sistema em transitar do estágio de estabilidade para um estágio de instabilidade, indicando assim o grau de alteração que a paisagem experimentaria diante das incidências de determinadas atuações (SILVA NETO, 2013a).

As paisagens estáveis podem ser compreendidas conforme a Teoria do Equilíbrio Dinâmico de J. Hack (1960), no qual o equilíbrio dinâmico caracteriza-se pelo ajustamento mútuo entre os elementos da paisagem (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Nessa perspectiva Troll (1982) considerou:

La naturaleza se regula a sí misma y tiende a recuperar el equilibrio perturbado, mediante la regeneración de la vegetación y, como consecuencia de ella, la del suelo y así sucesivamente (TROLL, 1982, p.328).

As configurações da paisagem tendem a se ajustar em função das modificações impostas, tanto pelas forças naturais como processos endógenos e exógenos, como pelas alterações atribuídas ao homem, que intensifica os processos naturais.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A presente proposta abordou como objeto de estudo a bacia hidrográfica do rio Salobra, localizada na região Sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul, estendendo-se pelos municípios de Bonito (nascente), Bodoquena (maior parte da extensão de sua rede de drenagem) e Miranda (baixo curso e foz), com área de aproximadamente 2.350 km², considerada uma das principais áreas fontes de fluxos de matéria e energia para bacia do Rio Miranda no Pantanal sul-mato-grossense (Figura 1).

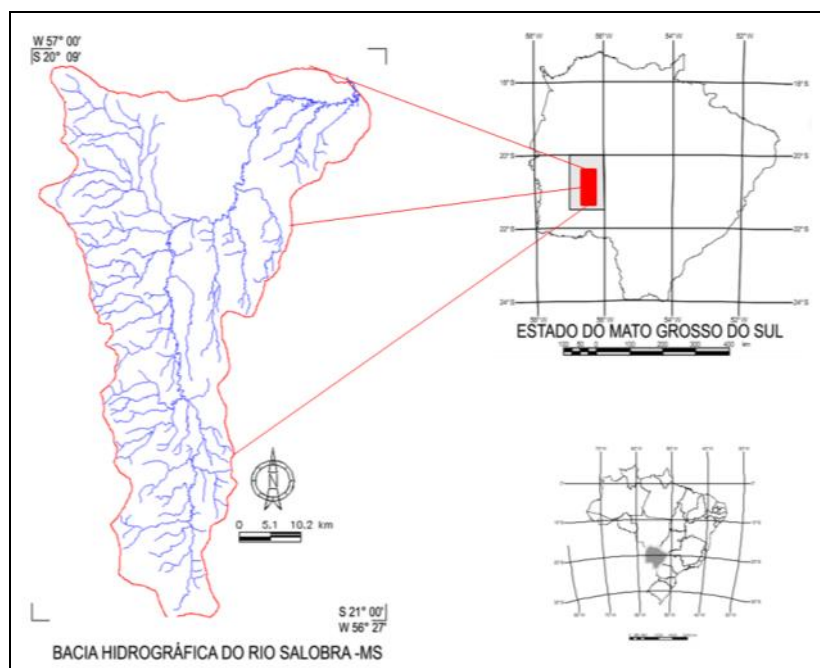


Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do rio Salobra-MS.

Fonte: Autores.

A bacia hidrográfica do rio Salobra está inserida na área proposta do Geopark da Serra da Bodoquena e Pantanal apresentada à UNESCO. Essa proposta diferencia-se das Unidades de Conservação tradicionais e deve-se principalmente às particularidades geológicas da área, como por exemplo, as tufas calcárias verificadas ao longo da rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Salobra.

Segundo estudos de Araújo et al. (1982) apresentado no Projeto RADAMBRASIL e Lacerda Filho et al. (2006) apresentado no relatório de Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso do Sul, a área da bacia hidrográfica do rio Salobra, apresenta-se estruturada litologicamente sobre o arcabouço geológico da Formação Cerradinho e Formação Bocaina, rochas do Pré-cambriano Superior e, Formação Pantanal do período Quaternário. Verifica-se também a ocorrência de rochas do Grupo Cuiabá e Formação Puga.

Almeida (1965) considerou o Planalto da Bodoquena a mais importante feição geomorfológica da região Sudoeste do Mato Grosso do Sul, não só por suas elevações de altitude do relevo, como por sua extensão, que assume um formato estreito e longo de planalto composto por calco-dolomítico.

No limite Norte da Serra da Bodoquena ocorre o recobrimento dos sedimentos cenozóicos da Formação Pantanal e ao Sul praticamente desaparece, ocorrendo apenas alguns morros isolados em calcários do Grupo Itapucumi.

A principal característica pedológica da bacia hidrográfica do Rio Salobra é a presença de solos provenientes das formações geológicas citadas anteriormente, onde suas litologias variam desde as originadas de calcários, ardósias do pré-cambriano (Grupo Corumbá), até os sedimentos mais recentes da Formação Pantanal.

O tipo de solo de maior expressão com relação à área ocupada na bacia do rio Salobra é dos Chernossolos Rêndzicos, característico das áreas com relevo fortemente ondulado, grande parte destes solos são utilizados para pecuária, a principal atividade econômica da região.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Elaborou-se um banco de dados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), para caracterização dos Planos de Informações, foram consultados materiais cartográficos como projeto RADAMBRASIL, Mapa Geológico do Estado do Mato Grosso do Sul, PCBAP (Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai) e trabalhos de campo, onde foram averiguadas as unidades litológicas, as formas e características do relevo, dos tipos de solos e dos usos da terra.

O primeiro passo consistiu na compilação das bases cartográficas das unidades litológicas e tipos de solos, que posteriormente foram editadas e organizadas em ambiente de SIG, no software SPRING.

Foram produzidos mapas de intensidade pluviométrica a partir de dados das estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA), com tratamento estatístico e processamento em SIG.

Elaborou-se o mapa de vulnerabilidade do relevo, conforme Silva Neto (2013b), tendo como base os dados das imagens SRTM/ Topodata, no qual foram combinados PI's de Formas do Terreno, hipsometria e declividade.

Para elaboração dos mapas de uso da terra e cobertura vegetal utilizou-se imagens de satélite Landsat2 MSS (Órbita 242, Ponto 74, data de passagem 20/08/1979) e Landsat 5 TM (Órbita 226, Ponto 74, data de passagem 07/09/2009), processadas utilizando o classificador supervisionado Bhattacharya. Optou-se pelo classificador Bhattacharya, por não ser um classificador automático e requerer a interação do usuário, através do treinamento e suas amostras são as regiões formadas na segmentação de imagens. Neste classificador se mede a distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais (SAMPAIO LOPES, 2012).

Após preparação do banco de dados elaborou-se os mapas sínteses, cuja análise espacial foi utilizada como principal ferramenta, para construção dos mapas de vulnerabilidade à perda de solos.

A metodologia utilizada na presente pesquisa está baseada na Ecodinâmica proposta por Tricart (1977) e na metodologia de Zoneamento Ecológico Econômico, proposta por Becker e Egler (1996) e Crepaniet al. (2008).

Quanto aos pesos dos atributos de cada variável, utilizou-se a proposta de Zoneamento Ecológico-econômico elaborada por Crepaniet al. (2008), na qual foi adaptada para implementação do método AHP (Analytical Hierarchy Process), variando de 0,0 a 1,0 (Quadro 1).

Quadro 1:

Peso dos atributos adaptado para implementação de método AHP:

TIPOS DE SOLOS	Índice de Vulnerabilidade*	VULNERABILIDADE DO RELEVO	Índice de Vulnerabilidade*
Planossolos Nátricos	0,40	Muito Fraca	0,20
Planossolos Hidromórficos	0,40	Fraca	0,40
Nitossolos	0,40	Moderada	0,60
Chernossolos Argilúvicos	0,40	Forte	0,80
Luvissolos	0,40	Muito Forte	1,00
Gleissolos	1,00	USO DA TERRA	
Vertissolos	1,00	Áreas Úmidas	0,33
Chernossolos Rêndzicos	1,00	Mata	0,46
Neossolos Litólicos	1,00	Pastagem	0,83
Neossolos Regolíticos	1,00	Plantação	0,90
UNIDADES LITOLÓGICAS		Solo exposto / afloramento rochoso	1,00
Depósitos aluvionares (Q1p2)	1,00	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA	
Terraços aluvionares (Q1p1)	1,00	375 a 400 mm/mês	0,70
Formação Cerradinho (NP3ce -c)	0,80	400 a 425 mm/mês	0,75
Formação Cerradinho (NP3ce -d)	0,80	425 a 450 mm/mês	0,80
Subunidade Pelítica (NPcuxt)	0,60	450 a 475 mm/mês	0,85
Subunidade Pelítica (NPcuf1)	0,60	475 a 500 mm/mês	0,90
Subunidade Carbonática (NPcum)	0,50	500 a 525 mm/mês	0,95
Formação Puga (NPpu)	0,50	> 525 mm/mês	1,00
Formação Bocaina	0,05		

* Adaptado de Crepani *et al.* 2008

Cabe enfatizar que a atribuição dos pesos para as variáveis utilizando o método AHP, ocorreu após a elaboração de vários modelos experimentais, nos quais foram conferidos em campo, sendo escolhido o modelo que mais aproximou-se da realidade observada na área de estudo.

Desse modo, para elaboração do mapa de vulnerabilidade natural da paisagem correlacionou-se as variáveis de vulnerabilidade do relevo e tipos de solos, nas quais foram atribuídas peso 4 que corresponderiam as variáveis mais influentes, seguido pelas unidades litológicas, em que atribuiu-se o peso 2, para intensidade pluviométrica atribuiu-se o peso 1, que corresponderia à variável menos influente na presente análise.

A Ecodinâmica propõe uma relação de variáveis da paisagem objetivando definir unidades morfodinâmicas em Meios Estáveis, Meios Intergrades e Meios Fortemente Instáveis.

Desse modo foram empregadas as seguintes variáveis da bacia hidrográfica para elaboração do mapa de vulnerabilidade das paisagens à perda de solos:

Vulnerabilidade dos Solos (classes de erodibilidade dos solos estabelecidas pelo PCBAP -Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai), Fonte: Projeto RadamBrasil, na escala 1: 1.000.000);

Vulnerabilidade da Intensidade Pluviométrica (dados de intensidade pluviométrica mm/ mês; Fonte: hidroweb, dez estações na região);

Vulnerabilidade do relevo (cruzamento dos P.I. Declividade + Hipsometria + Formas do Terreno; Fonte: dados SRTM/ Topodata, resolução espacial de 30 metros);

Vulnerabilidade Litológica (Resistência das rochas que compõem cada unidade litológica; Fonte: Projeto RadamBrasil, na escala 1:1.000.000, apoiado no Mapa Geológico do Mato Grosso do Sul de 2006, na escala 1:1.000.000);

Vulnerabilidade da Cobertura Vegetal e Uso da terra, no qual foram elaborados mapas de 1979 e de 2009 (Fonte: Imagens Landsat2 MSS e 5 TM, resolução espacial de 30 metros).

Os mapas da vulnerabilidade às perdas de solos de 1979 e 2009, foram elaborados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), o qual utilizou-se o software SPRING, adaptando-se a metodologia proposta por Crepani (2008), implementada a partir do método AHP (média ponderada) para correlação das variáveis.

Para construção dos mapas finais de vulnerabilidade natural da paisagem à perda de solos, foram elaborados testes que resultaram em mapas, os quais atribuíram-se diferentes pesos para as variáveis analisadas utilizando método AHP.

Assim, para o estabelecimento de uma programação em LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) coerente, foram testadas várias possibilidades de pesos para as variáveis abordadas. Após a elaboração de diversos programas em LEGAL e mapas, foram realizados trabalhos de campo para verificar qual programa teste mais se aproximava da configuração real da paisagem.

Após a elaboração do mapa de vulnerabilidade natural à perda de solos, elaborou-se os mapas de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos, que resultaram da combinação dos Planos de Informações de Uso da terra e cobertura vegetal (dos anos de 1979 e 2009) com o P.I. de vulnerabilidade natural à perda de solos. Nesse processo de cruzamento de P.I.s atribuiu-se peso 2 para os P.I. de vulnerabilidade natural à perda de solos e peso 1 para o P.I. de uso da terra e cobertura vegetal.

Os mapas sínteses de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos da bacia hidrográfica do rio Salobra são informações produzidas a partir da análise espacial em Sistema de Informações Geográfica (Figura 02), tendo como apoio o Suporte de Decisão AHP que se caracteriza como uma ferramenta de suporte à decisão, que permite organizar e estabelecer um modelo racional da correlação de variáveis (CÂMARA, et al., 1996).

Desse modo, as variáveis: unidades litológicas, relevo, solos, intensidade pluviométrica e uso da terra e cobertura vegetal, foram selecionadas no módulo de Análise espacial do SPRING, como critério de análise, estabelecendo-se os pesos diferentes para cada variável.

No resultado do procedimento de implementação da AHP, após se calcular o peso dos critérios, gerou-se uma base de programação em LEGAL, editada posteriormente em bloco de notas.

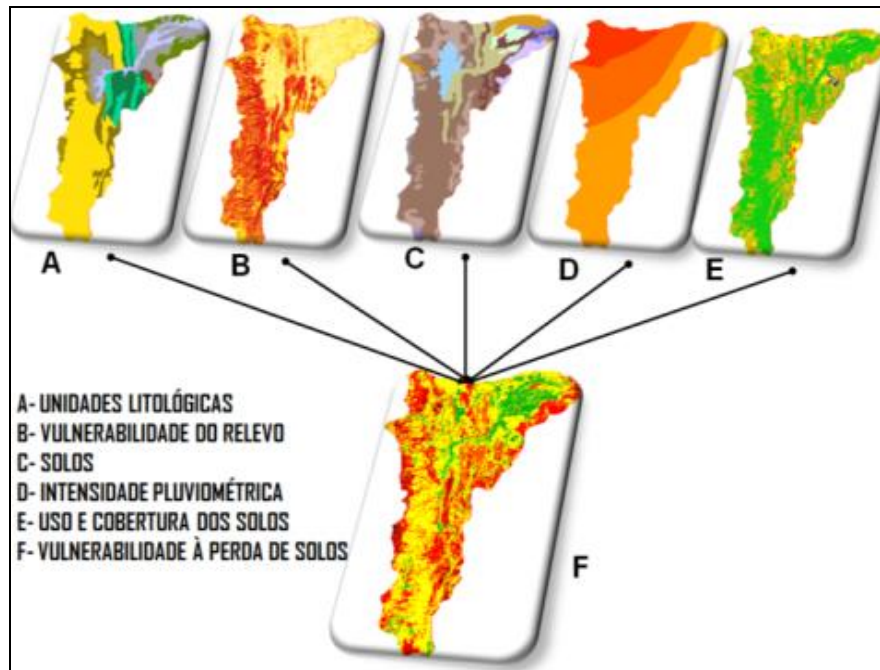


Figura 02: Esquema metodológico da correlação de P.I.s para elaboração do mapa de vulnerabilidade à perda de solos.

Completou-se o arquivo com a base de programação contendo as informações específicas, onde foram atribuídos os valores de 0 a 1, sobre os dados nos quais se desejava aplicar o procedimento e, em seguida a programação editada foi copiada no editor de modelos de Álgebra do programa em LEGAL.

Antes de executar a operação foi criado no modelo de dados do SPRING, uma categoria saída em Modelo Numérico do Terreno (MNT), para receber a imagem gerada após execução da operação. A grade MNT gerada após a execução da operação utiliza o interpolador de média ponderada.

O procedimento seguinte para geração dos mapas de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos é o fatiamento da imagem em MNT que transformará a categoria MNT de entrada, em uma categoria Temática de saída, estabelecendo assim as classes temáticas de acordo com a grade gerada em LEGAL.

Para a elaboração do mapa síntese de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos numa perspectiva temporal dos anos de 1979 e 2009, utilizou-se o módulo de análise espacial do software Spring, no qual foram executadas sobreposições lógicas de operações descritas por sentenças construídas segundo regras gramaticais envolvendo operadores de lógica booleana.

A sobreposição Lógica caracteriza-se por utilizar operadores lógicos, como “e” operador que significa intersecção, é expresso nos programas em LEGAL por “&&”, “ou” operador que significa união ou similaridade, é expresso nos programas em LEGAL por “| |”. Esse tipo de sobreposição trabalha com arquivos matriciais, a partir da sobreposição de diferentes camadas de dados.

5. RESULTADOS

Os mapas de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos permitem identificar as áreas com maior possibilidade ao desencadeamento de processos erosivos, a partir de condicionantes da paisagem e suas relações, como por exemplo, os tipos de solos, unidades litoestruturais, formas do terreno, intensidade pluviométrica e uso da terra e cobertura vegetal.

Assim, a análise das variáveis no tocante da vulnerabilidade à perda dos solos no ano de 1979 e 2009, para a bacia hidrográfica do rio Salobra apresentou os seguintes aspectos:

Vulnerabilidade Muito Forte: Essa classe é definida como ambientes fortemente instáveis, por oferecer segundo Tricart (1977) condições que prevaleçam à morfogênese. Em 1979 verificou-se que 2% da área da bacia do rio Salobra pode ser enquadrada na classe de vulnerabilidade muito forte, caracterizada por apresentar correlação do relevo forte ondulado a dissecado, com altitudes acima de 500 metros, formas do terreno côncavo- convergente e declividades acima de 20% associados as rochas pouco coesas, ou seja, alteradas pela ação intempérica, associadas ainda com solos rasos, pouco desenvolvidos, alta intensidade pluviométrica e cobertura vegetal pouco densa.

No ano de 2009, observou-se que de acordo com os elementos da paisagem 3% da área da bacia do rio Salobra se enquadrou na classe de vulnerabilidade muito forte, ressaltando que estas áreas estão mais vulneráveis à desencadear os processos erosivos potencializados por usos inadequados da terra.

Nesta classe observou-se a associação das rochas da Formação Cerradinho, com Vulnerabilidade do Relevo Forte ou Muito Forte, solos rasos como os Chernossolos Rêndzicos ou Neossolos Litólicos e altos níveis de intensidade pluviométrica (acima de 550 mm/mês).

Essas variáveis associadas ao uso da terra e cobertura vegetal pouco densa ou áreas utilizadas por pastagens ou solo exposto, definem a classe Vulnerabilidade Muito Forte para a perda de solos.

Vulnerabilidade Forte: Também pode ser definida como um ambiente fortemente Instável, verificou-se no ano de 1979 que essa classe ocupava 19% da área na bacia do rio

Salobra. Esta classe apresenta características semelhantes à classe de vulnerabilidade muito forte, mas os processos de uso da terra ocorrem de maneira menos intensa, caracterizando-se por apresentar elementos físico-naturais de paisagens Vulneráveis, associados às áreas com cobertura vegetal densa, ou cobertura vegetal normalmente de porte arbóreo ou pastagens.

No ano de 2009, a classe de Vulnerabilidade Forte representou 30% da área da bacia do rio Salobra, observa-se nesta classe um aumento de 11% quando comparada com o ano de 1979, esse aumento pode estar associado às mudanças nos tipos de uso da terra e cobertura vegetal.

Vulnerabilidade Moderada: Em 1979 verificou-se essa classe em 56% da área da bacia, esta é uma classe intermediária entre os ambientes fortemente instáveis e os ambientes estáveis, pois apresentam condicionantes de paisagens estáveis como relevo plano ou suave ondulado e cobertura vegetal densa das áreas de floresta. Contudo, apresenta ainda condicionantes físico-naturais de paisagens instáveis como os sedimentos inconsolidados da Formação Pantanal, e intensidade pluviométrica (acima de 450 mm/mês) e solos rasos pouco desenvolvidos Chernossolos Rêndzicos, via de regra, o uso da terra é compatível com esses limitantes físicos.

Esta classe caracteriza-se por apresentar ainda cobertura vegetal capaz de proteger o solo do aceleração dos processos erosivos, em 2009, também foi verificada em 56% da área da bacia.

Vulnerabilidade Fraca: Os ambientes estáveis estão representados na presente análise pela classe de vulnerabilidade Fraca. No ano de 1979 a classe de vulnerabilidade Fraca ocupou 23% da área da bacia hidrográfica do rio Salobra, esta classe caracteriza-se por apresentar relevo plano ou suave a ondulado, Vulnerabilidade do Relevo Fraca ou Muito Fraca, rochas consistentes da Formação Bocaina composta principalmente por Dolomitos, solos profundos e bem desenvolvidos como os Nitossolos, Intensidade Pluviométrica entre 425 a 475 mm/ mês, associados à cobertura vegetal densa.

No ano de 2009 a classe de Vulnerabilidade Fraca ocupou 3% da área total da bacia do rio Salobra, a classe Muito Fraca, não apresentou porções representativas da área estudada nos dois anos analisados, menos de 1% (Figura 03).

A classe de Vulnerabilidade Fraca é caracterizada como ambientes estáveis apresentando áreas que correlacionam cobertura vegetal densa, relevo plano ou suave ondulado, rochas coesas, pouco alteradas, associados à solos profundos e bem desenvolvidos.

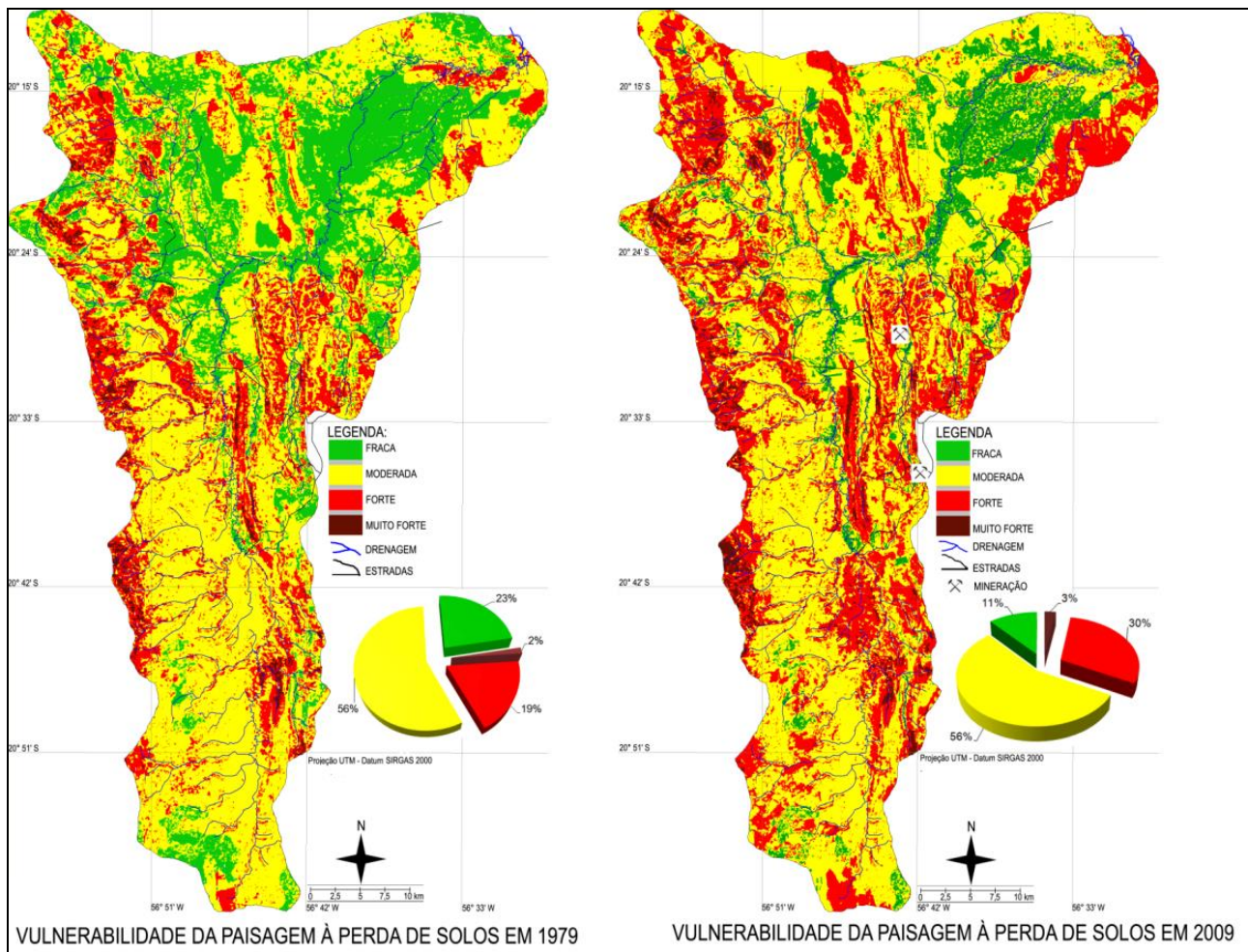


Figura 03: Mapas de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos na bacia hidrográfica do rio Salobra – MS em 1979 e 2009.

Análise Temporal da Vulnerabilidade da Paisagem à Perda de Solos

Por meio da implementação do módulo de Análise Espacial do Software Spring 5.2, elaborou-se o mapa síntese de análise temporal de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos, no período de 1979 e 2009 (Figura 04), o qual possibilitou a análise das transformações na paisagem ao longo de trinta anos, observando-se as alterações dos níveis de vulnerabilidade.

Nessa perspectiva, observou-se que as áreas com os níveis de vulnerabilidade Forte ou Muito Forte diminuíram em 8% da área total estudada, de 1979 a 2009, verificou-se que as áreas que mantiveram-se os mesmos níveis de vulnerabilidade foram de 60% no período analisado e as áreas que os níveis de vulnerabilidade aumentaram, ou seja, as áreas que em 1979 foram classificadas como classes de vulnerabilidade Fraca ou Moderada e em 2009 como vulnerabilidade Forte ou Muito Forte, essas áreas representaram em 32% da área estudada (Figura 04).

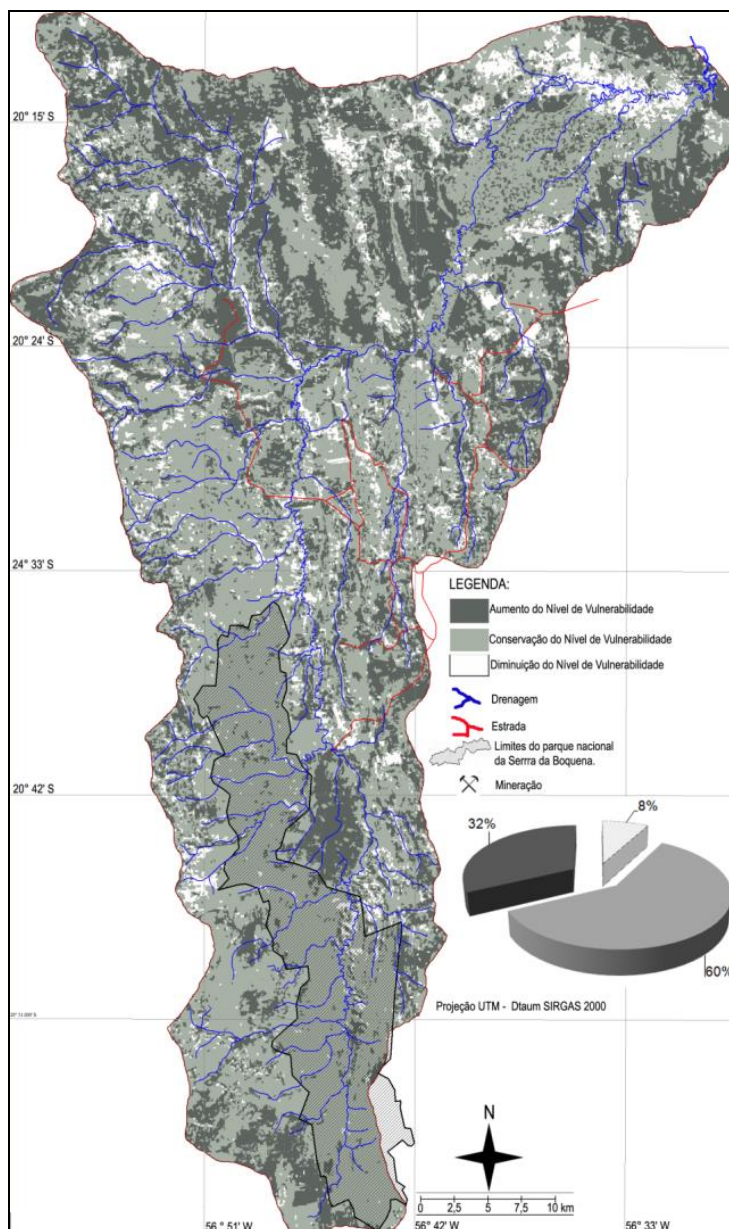


Figura 04: Mapa Análise temporal de Vulnerabilidade da paisagem à perda e solos da bacia hidrográfica do rio Salobra-MS, nos anos de 1979 e 2009.

O primeiro ano analisado, em 1979, caracterizou-se por apresentar uma configuração da paisagem na qual a ocupação da Serra da Bodoquena apresentava um estágio inicial, pois o município de Bodoquena (Campão) ainda era um distrito de Miranda, na qual ainda não haviam implantadas as indústrias de cimento e, mineração e os principais assentamentos rurais da área. E o segundo período de análise foi o ano de 2009, o qual observou-se um estágio oposto ao primeiro período, no tocante do processo de ocupação da área.

Nesse sentido, a diminuição dos níveis de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos está diretamente associada aos tipos de uso da terra, e principalmente às áreas que foram regeneradas, isso significa que as áreas que em 1979 eram classificadas como pastagem ou solo exposto, em 2009 foram classificadas como florestas. Estas áreas de

regeneradas podem ser atribuídas à regeneração natural das florestas que possivelmente eram áreas de pastagem abandonada.

O aumento dos níveis de Vulnerabilidade da Paisagem à perda de solos, está diretamente associado ao tipo de uso da terra e sua intensificação em áreas com vulnerabilidade natural Muito Forte e Forte.

Em face da vulnerabilidade da paisagem, deve-se principalmente pela vulnerabilidade natural da área, que apresentou em várias porções da bacia hidrográfica, condições ecológicas difíceis e suscetíveis aos processos de degradação das paisagens. Entretanto, deve-se ressaltar que o uso inadequado da terra pode ser o principal responsável pelo aumento das áreas que apresentam as classes de Vulnerabilidade Forte e Muito Forte.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A vulnerabilidade da paisagem à perda de solos a partir de uma perspectiva temporal possibilita uma análise intrínseca com o processo de apropriação da natureza, segundo os resultados obtidos, verifica-se que à medida que as transformações no uso da terra se intensificam, os níveis de vulnerabilidade da paisagem são alterados no período analisado.

A análise da paisagem possibilitou o entendimento da bacia do rio Salobra sob um ponto de vista das inter-relações dos seus elementos, a qual a compreensão de sua totalidade está além de uma operação de soma das partes, sendo entendida como resultado direto das inter-relações dos elementos que compõem essa paisagem, cujas imposições do homem à natureza configuram-se como seu principal modificador.

Quanto às ferramentas utilizadas, observou-se que os Sistemas de Informações Geográficas contribuíram na otimização do processamento de uma representativa gama de dados, bem como na produção de novas informações, resultado do geoprocessamento.

A análise espacial em SIG mostrou-se como uma ferramenta eficaz na produção de informações sínteses como a análise temporal da vulnerabilidade da paisagem à perda de solos, no qual possibilitou as correlações das variáveis da paisagem em períodos distintos.

Quanto à vulnerabilidade da paisagem à perda de solos verificou-se que a bacia hidrográfica do rio Salobra caracterizou-se por apresentar uma porção significativa de sua área com forte vulnerabilidade natural à perda de solos.

A vulnerabilidade da paisagem deve ser observada como uma variável de destaque na análise do processo de uso da terra, pois observou-se a intensificação do processo de uso da terra ao longo de três décadas, caracterizado pela substituição das áreas de floresta

por áreas de pastagem ou áreas agrícolas, ocasionando o aumento da vulnerabilidade da paisagem.

Esse processo de uso da terra pode ser explicado pela lógica de apropriação da natureza que ocorreu na bacia hidrográfica do rio Salobra, e pode ser definido como um imperativo da racionalidade econômica, cujo objetivo primordial é tornar qualquer área explorável para fins produtivos, independente das características ambientais dessas paisagens.

Desse modo, considera-se que há uma relação direta entre a materialização das intencionalidades socioeconômicas, apresentadas aqui como tipos de uso da terra, e a vulnerabilidade da paisagem, que pode ser explicado pelo processo de entropia da natureza.

Entende-se que à medida que as paisagens apresentam vulnerabilidade forte ou muito forte sofrem a intensificação no uso da terra, essas paisagens passam do seu estado de estabilidade para o estado de instabilidade, ou seja, à medida que as paisagens vulneráveis sofrem intervenção humana elas aproximam-se do processo que pode ser irreversível na perspectiva da degradação de suas características naturais.

Nesse sentido a preservação das paisagens vulneráveis da bacia hidrográfica do rio Salobra assume um papel importante no caráter socioeconômico da área, uma vez que o desenvolvimento de atividades econômicas como o turismo, necessita da preservação e conservação das paisagens, cujas comunidades locais residentes nos limites da área estudada podem se beneficiar dessas atividades.

Quanto as dificuldades enfrentadas durante a elaboração da presente pesquisa, destaca-se principalmente os seguintes aspectos: a ausência de material cartográfico em escala detalhada, a ausência de estações pluviométricas dentro dos limites da bacia hidrográfica do rio Salobra, o que impossibilitou uma análise mais rigorosa desses dados.

Desse modo, recomenda-se que sejam desenvolvidos estudos que visem à elaboração de material cartográfico detalhado, como por exemplo, o levantamento pedológico da área, mapeamentos da ocorrência e dos tipos de processos erosivos na bacia hidrográfica do rio Salobra e na Serra da Bodoquena, e mapeamento da vulnerabilidade dos ambientes cársticos. Esses estudos associados à vulnerabilidade da paisagem podem auxiliar em pesquisas futuras e diagnósticas sobre capacidade de suporte desse ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. F. M. Geologia da Serra da Bodoquena (Mato Grosso), Brasil. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia**, DNPM, Rio de Janeiro, v. 219, p. 1-96, 1965.

- ARAÚJO, H. J. T. et al. Geologia. In: **Projeto RADAMBRASIL**: Folha SF-21 Campo Grande. Rio de Janeiro: MME, 1982. p.9 -124. (Levantamento de Recursos Naturais, 28).
- BECKER, B. K.; EGLER, C. A. G. **Detalhamento da Metodologia para Execução do Zoneamento Ecológico-Econômico pelos Estados da Amazônia Legal**. Brasília: SAE- Secretaria de Assuntos Estratégicos/ Ministério do Meio Ambiente. 1996.
- BRASIL, Ministério de Minas e Energia Secretária-Geral. **Projeto RADAMBRASIL** Folha SF-21 Campo Grande (Levantamento de Recursos Naturais, 28). Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 1982.
- CÂMARA, G. et al. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. São José dos Campos: Divisão de Processamento de Imagens: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 1996.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- CREPANI, E. et al. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento Aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos, INPE-8454-RPQ/722. 2001.
- CREPANI, E. et al. Zoneamento Ecológico-econômico. In: FLORENZANO, Teresa G. (Org.) **Geomorfologia**: Conceitos e tecnologias atuais. São Paulo, Oficina de Textos, 2008. p. 285 – 318.
- LACERDA FILHO, J. V. et al. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso do Sul**. Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. CPRM- Serviço Geológico do Brasil, Campo Grande, 2006.
- LEFF, E. Epistemologia Ambiental; 3º Ed. São Paulo: Editora Cortez, 2002.
- MELO, R. M. de. et al. Utilização de Análise Multicriterial na elaboração de mapas de vulnerabilidade do estuário do Rio Formoso/PE. In: **XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. 2011. Curitiba. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2011. p. 6026-6033.
- NÁPOLES, C. S. Unacercamiento al tema de la vulnerabilidad social. In: LEMOS, A. I. G; ROSS, J. L. S.; LUCHIARI, A. (org.). **América Latina**: sociedade e meio ambiente. São Paulo: Expressão Popular - Série Por uma geografia Latino-americana. 2008. p. 139-156
- SAMPAIO LOPES, Eymar Silva. **SPRING Básico**: TUTORIAL 10 Aulas - SPRING 5.2 (Versão Windows). Revisão: Hilcéa Santos Ferreira. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE, Maio de 2012.
- SILVA NETO, J. C. A. Zoneamento ambiental como subsídio para o Ordenamento do território da bacia hidrográfica do rio Salobra, Serra da Bodoquena – MS. Tese (doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, 2013a.
- SILVA NETO, J. C. A. Avaliação da vulnerabilidade à perda de solos na bacia do rio Salobra, MS, com base nas formas do terreno. **Geografia** (Londrina). v.22, p.5 - 25, 2013b.

SPRING – **Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas**. Versão 5.2 para Windows, 32 Bits. Divisão de Processamento de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE/DPI (Copyright © 1991-2010) URL: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/download.php>

SUERTEGARAY, D. M; NUNES, J. O. R. A natureza da Geografia Física. **Revista Terra Livre**, São Paulo, n. 17, v. 1. p.11-24. 2º sem. 2001.

TAGLIANI, C. R. A. Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um Sistema Geográfico de Informações. In: **XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, 2003. Belo Horizonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p. 1657 – 1664.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

TROLL, C. El paisajegeografico y suinvestigacion, In MENDOZA, J.G.; JIMINES, J.M. y CANTERO, N. O. (Orgs) **El pensamiento geográfico. Estudio interpretativo y antologia de textos (de Humboldt a las tendencias radicales)**. Madrid: Alianza Editorial, 1982.

Recebido em 17/01/2016

Aceito em 04/03/2016