

## **Análise da vulnerabilidade à perda de solo do Parque Estadual do Jalapão - TO**

Patrícia Azevedo dos Santos<sup>1</sup>  
José Ramiro Lamadrid Marón<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Escola Técnica Federal de Palmas – ETF-TO  
AE 310 Sul, Av. LO 5 com NS 10 - Palmas - TO, Brasil  
patriciasantos@etfto.gov.br

<sup>2</sup> Universidade Federal do Tocantins  
109 Norte, Av. NS 15, ALC NO 14- Palmas - TO, Brasil  
lamadrid@uft.edu.br

**Abstract.** This article describes the method that was used to map the soil loss vulnerability of the Jalapão State Park, which is located in the town of Mateiros, in the eastern part of the state of Tocantins. The Jalapão State Park is part of the Total Protection Conservation Unit. The objective of this Unit is to protect the natural resources of the region where it is located. This objective limits the use of the natural resources. Only indirect utilization is allowed. The Park is part of the Jalapão region, one of the priority areas for the Cerrado conservation. It is an area of concentration of one of the largest extensions of Cerrado still preserved in the country. The Ecological-economic zoning methodology made it possible to set up the soil loss vulnerability mapping through the use of the Landsat-TM images and available thematic information (Geology, Geomorphology, Pedology, Vegetation and Climate). The results of the vulnerability mapping inserts the study area in a region that is characterized by the morphogenesis/pedogenesis equilibrium, prevailing the intermediate level of vulnerability. The use of the vulnerability mapping, associated with other criteria, can guide the public administrators on their decisions about the use of the natural resources and also the managing of the space occupation. Those decisions will ensure the conservation, the continuity of the touristic exploration and the minimization of the impacts.

**Palavras-chave:** ecological-economic zoning, geoprocessing, conservation, natural resources, zoneamento ecológico-econômico (ZEE), geoprocessamento, conservação, recursos naturais.

### **1. Introdução**

A conservação da biodiversidade tem sido um grande desafio para diversas esferas da sociedade (gestores, pesquisadores, ambientalistas, comunidade, dentre outros), devido às pressões ocasionadas pela necessidade de ocupação dos espaços. Diante disso, surge a necessidade de criar mecanismos capazes de conservar a biodiversidade e recuperar áreas consideradas importantes para a manutenção dos recursos naturais.

Segundo Rylands e Brandon (2005), a posição do Brasil confere uma grande responsabilidade global: proteger três grandes regiões naturais, a Amazônia, o Pantanal, a Caatinga, e dois hotspots de biodiversidade: a Mata Atlântica e o Cerrado.

Para Silva (2004), mesmo com essa concentração elevada da riqueza biológica mundial, os percentuais alocados pelo governo brasileiro na forma de assegurar a proteção da biodiversidade do país ainda são insuficientes, visto que, apenas 3,57% do território nacional estão sob proteção integral e 5,52% estão em unidades de uso sustentável.

De acordo com Klink e Machado (2005), para o Cerrado, bioma onde se encontra inserida a área de estudo do presente trabalho, apenas 2,2% de seu território encontra-se protegido sob a forma de Proteção Integral e 1,9% em unidade de uso sustentável.

A destruição dos ecossistemas que constituem o Cerrado vem ocorrendo de forma acelerada. Machado et al. (2004), em seu estudo sobre a estimativa da perda da área do Cerrado brasileiro, concluíram que 55% do Cerrado já foram desmatados ou transformados pela ação humana. Nesse estudo, os autores utilizaram imagens do satélite MODIS do ano de 2002.

A criação de Unidades de Conservação (UCs) surge como uma estratégia para a conservação dos recursos naturais, tendo em vista, que através de seus instrumentos, estas buscam regulamentar e normatizar o uso dos territórios considerados de relevância ecológica, embora se saiba que a criação de UCs não é a garantia da conservação, devido a diversos fatores que podem influenciar este processo.

O Parque Estadual do Jalapão (PEJ), área de estudo da presente pesquisa é uma UC de Proteção Integral que coincide com outras UCs: a Área de Proteção Ambiental Estadual do Jalapão, a Área de Proteção Ambiental Federal da Serra da Tabatinga e a Estação Ecológica da Serra Geral do Tocantins.

Esta área concentra uma das maiores extensões de Cerrado ainda conservado no País, além de ser considerada um ecótono, em razão da transição do ambiente entre o cerrado e a caatinga de acordo com Arruda e Behr (2002).

Segundo Soares (2007), a associação das unidades de conservação com a atividade turística, em especial o ecoturismo, possibilitou a difusão deste em áreas protegidas, fazendo com que muitos dos principais destinos ecoturísticos ocorram nestas áreas.

O crescimento da prática da visitação em áreas naturais vem proporcionando o desenvolvimento econômico da região onde tais áreas estão inseridas, entretanto, a escassez de informações, de recursos humanos e financeiros para o planejamento e manejo dessas áreas dificulta a previsão dos impactos da visitação pública aos meios físico e biótico, conforme Takahashi et al. (2005).

O presente trabalho tem como objetivo analisar a paisagem do PEJ de forma sistêmica utilizando a metodologia de Crepani et al. (1996), que visa à classificação de qualquer região em classes com maior ou menor vulnerabilidade aos processos de perda de solo, utilizando um sistema integrado de imagens de satélite, mapas temáticos e banco de dados inseridos em Sistema de Informação Geográfica.

## 2. Área de Estudo

A área de estudo é o PEJ, criado pela Lei Estadual 1.203 de 12 de janeiro de 2001. Está inserido na área nuclear da região do Jalapão, localizada no município de Mateiros, situado na porção leste do Estado do Tocantins, sendo que seus limites atingem os marcos divisórios deste com os municípios de Ponte Alta do Tocantins, São Félix do Tocantins e Novo Acordo. Representa uma área de 158.885,5 hectares.

Sua localização é definida através das coordenadas geográficas 10° 08'52" e 10° 37'01" de latitude sul e 46°24'04" e 46°56'10" de longitude oeste, conforme Figura 1.

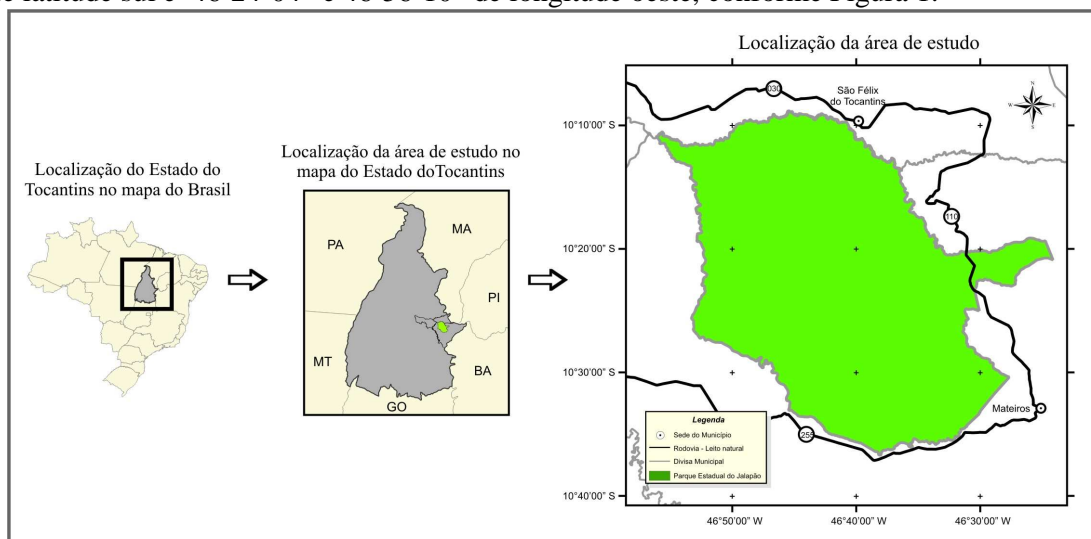


Figura 1. Localização da área de estudo.

### 3. Metodologia

Visando uma análise sistêmica da paisagem, Crepani et al. (2001) desenvolveram, a partir do conceito de Ecodinâmica de Tricart (1977), uma metodologia para a geração de cartas de vulnerabilidade à erosão a fim de subsidiar o Zoneamento Ecológico Econômico da Amazônia e de outras regiões. Esta baseia-se na relação morfogênese (processo de modificação das formas de relevo) / pedogênese (processo que dá origem a formação dos solos) e na potencialidade de estudos integrados de imagens orbitais. As UTBs (Unidades Territoriais Básicas) são classificadas em estáveis, intermediárias e instáveis, com valores que variam de 1 a 3.

A avaliação da vulnerabilidade de cada unidade de paisagem é realizada através da média aritmética dos valores já definidos de cada um dos temas (Equação 1).

$$\text{Vulnerabilidade} = \frac{\text{Ge} + \text{G} + \text{P} + \text{V} + \text{C}}{5} \quad (1)$$

onde:

"Ge" representa o valor atribuído ao tema Geologia; "G" representa o valor atribuído à Geomorfologia; "P" representa o valor atribuído ao tema Pedologia; "V" representa o valor atribuído ao tema Vegetação e "C" representa o valor atribuído ao tema Clima.

A média calculada permite apresentar a UTB em uma escala de estabilidade/vulnerabilidade com vinte e uma classes. Crepani et al. (2001), na busca de melhor apresentar a visualização das classes, convencionaram uma combinação de cores no sistema RGB (Red, Green, Blue), onde as unidades estáveis (valores próximos de 1,0) recebem matiz azul, passando pelo verde, para as intermediárias (valores próximos 2,0), chegando até o vermelho para aquelas mais vulneráveis (valores ao redor de 3,0), conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Representação da vulnerabilidade e/ou estabilidade das UTBs.

UNIDADE DE PAISAGEM	MÉDIA	GRAU DE VULNERAB.	GRAU DE SATURAÇÃO			
			VERM.	VERDE	AZUL	CORES
U1	3.0	VULNERÁVEL	255	0	0	
U2	2.9		255	51	0	
U3	2.8		255	102	0	
U4	2.7		255	153	0	
U5	2.6	MODERADAM. VULNERÁVEL	255	204	0	
U6	2.5		255	255	0	
U7	2.4		204	255	0	
U8	2.3		153	255	0	
U9	2.2	MEDIANAM. ESTÁVEL/VULNERÁVEL	102	255	0	
U10	2.1		51	255	0	
U11	2.0		0	255	0	
U12	1.9		0	255	51	
U13	1.8	MODERADAM. ESTÁVEL	0	255	102	
U14	1.7		0	255	153	
U15	1.6		0	255	204	
U16	1.5		0	255	255	
U17	1.4	ESTÁVEL	0	204	255	
U18	1.3		0	153	255	
U19	1.2		0	102	255	
U20	1.1		0	51	255	
U21	1.0		0	0	255	

Fonte: Crepani et al. (1996).

### 4. Resultados e Discussão

Os resultados deste trabalho estão relacionados à análise morfodinâmica, em que atribuíram-se valores considerados vulneráveis/estáveis à perda de solo para cada um dos temas analisados.

#### 4.1 Geologia

A geologia da área de estudo se divide em: formação Urucuia (ku), Holoceno aluvionar (Ha) e Sedimentos gravitacionais deflacionais e deluviais (Hsg).

A formação urucuia é constituída por uma sucessão de camadas de arenitos de cores variegadas, de sedimentação eólica e lacustrina, com estratificações laminares e cruzadas se insere em uma classe moderadamente vulnerável.

O Holoceno aluvionar é caracterizado pelos sedimentos inconsolidados. No que diz respeito à vulnerabilidade, se insere na classe mais instável, por se localizar ao longo dos leitos dos rios, áreas onde uma grande quantidade de material é transportado pela água.

A classe de sedimentos gravitacionais deflacionais e deluviais também é considerada instável, tendo em vista que se encontra em uma região constantemente susceptível ao deslizamento do solo, provocado tanto pela oscilação da temperatura e umidade, quanto pela ação do escoamento da água das chuvas.

A Tabela 2 apresenta o valor da área correspondente a cada formação geológica e seus valores de estabilidade/vulnerabilidade à perda de solo.

Tabela 2. Valor da área, estabilidade/vulnerabilidade das classes de geologia.

Geologia	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)	Estab. Vuln.
Urucuia (ku)	1.295,33	80,99	2,4
Holoceno aluvionar (Ha)	208,85	13,06	3,0
Sedimentos gravitacionais deflacionais e deluviais (Hsg)	95,12	5,95	3,0

#### 4.2 Geomorfologia

A geomorfologia é classificada em: Dissecado em colinas e ravinas (Dcr), Patamares estruturais (Sept), Colinas residuais (Cr) e Escarpas (Es).

As superfícies de relevo dissecado em colinas e ravinas são consideradas estáveis, em razão destas, terem sido trabalhadas pelos agentes erosivos, ocasionando a dissecação. Grande parte da área de estudo é coberta por essa forma de relevo.

As colinas residuais se inserem na classe medianamente estáveis/vulneráveis, pois apesar da dissecação, os topos não permitem a perda de solo tão rápida quanto a que acontece em relevos dissecados. As vertentes inclinadas provocam o escoamento superficial, acelerando o processo de perda do solo.

Na classe patamares estruturais, os processos morfodinâmicos geram formas de relevo em conformidade com a estrutura geológica. As camadas mais resistentes sobressaem no relevo. Por este motivo esta classe se insere na faixa considerada moderadamente estável.

As escarpas estão inseridas na classe moderadamente vulnerável. Nestas superfícies prevalece o processo da morfogênese (ocorrência dos processos erosivos, modificadores das formas de relevo).

A Tabela 3 apresenta o quantitativo de área por forma de relevo e o valor da estabilidade/vulnerabilidade da área de estudo.

Tabela 3. Valor da área, estabilidade/vulnerabilidade das formas de relevo.

Formas de relevo	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)	Estab. Vuln.
Dissecado em colinas e ravinas (Dcr)	1.313,72	82,14	1,3
Patamares Estruturais (Sept)	150,10	9,39	1,3
Colinas residuais (Cr)	53,99	3,38	2,0
Escarpas (Es)	81,50	5,1	2,6

### 4.3 Pedologia

Os solos da área de estudo são classificados em: Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), Neossolos Litólicos (R2), e Neossolos Quartzarênicos (AQ6).

Os Latossolos são considerados solos estáveis aos processos de perda de solo, pois são bem desenvolvidos, possuem grande profundidade e porosidade e alta maturidade.

Os Neossolos Litólicos por serem uma mistura de outros tipos de solo são classificados em moderadamente vulneráveis e os Neossolos Quartzarênicos por serem um tipo de solo pouco desenvolvido, pertencem à classe de solos vulneráveis.

Na Tabela 4 pode-se observar o valor da área de cada tipo de solo e o valor da estabilidade/ vulnerabilidade da área de estudo.

Tabela 4. Valor da área, estabilidade/vulnerabilidade dos tipos de solo.

Pedologia	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)	Estab. Vuln.
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	150,10	9,39	1,0
Neossolos Litólicos (R2)	96,40	6,03	2,3
Neossolos Quartzarênicos (AQ6)	1352,81	84,59	3,0

### 4.4 Cobertura vegetal e uso do solo

Para o tema cobertura vegetal e uso do solo foram identificadas as seguintes classes: cerrado denso e típico, cerrado ralo e rupestre, campo limpo, campo sujo, mata ciliar, mata ciliar queimada, mata de galeria, mata de galeria queimada, areia e hidrografia.

A análise da perda de solo está baseada na cobertura que a vegetação e a atividade antrópica proporcionam ao solo. Partindo desta premissa, as áreas mais estáveis seriam aquelas ocupadas por vegetação densa e fechada, sendo estas representadas na área em questão, pela classe de cerrado denso e típico. Esta classe se caracteriza pela presença de árvores densamente dispostas sobre um tapete graminoso.

As áreas cobertas por campo sujo, mata de galeria e mata ciliar conferem uma proteção mediana às unidades de paisagem natural, sendo enquadradas como medianamente estável/vulnerável.

As classes campo limpo e cerrado ralo e rupestre, estão situadas na região moderadamente vulnerável na escala da vulnerabilidade/estabilidade, devido à baixa densidade da cobertura vegetal.

A Tabela 5 apresenta o valor da área de cada classe de cobertura vegetal e uso do solo.

Tabela 5. Valor da área, estabilidade/vulnerabilidade da cobertura vegetal e uso do solo.

Cobertura vegetal e uso	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)	Estab. Vuln.
Cerrado Denso e Típico (Sd)	96,37	6,03	1,7
Campo Sujo (Sa)	658,32	41,16	2,1
Mata Ciliar (Sef)	55,67	3,48	2,1
Mata Ciliar Queimada	0,28	0,02	2,1
Mata de Galeria (Saf)	151,14	9,45	2,1
Mata de Galeria Queimada	0,95	0,06	2,1
Campo limpo (Sp)	481,43	30,10	2,5
Cerrado ralo e rupestre (Sps)	146,22	9,14	2,5
Queimada Serra Espírito Santo	6,55	0,41	2,5
Corpos d'água (Ca)	2,33	0,15	3,0
Areia (margem Rio Novo)	0,06	0,004	3,0

#### 4.5 Clima

Para o tema clima atribuiu-se o valor 1,9, que se insere na categoria medianamente estável/vulnerável. Este valor foi homogêneo para toda a área, tendo em vista que a média anual da precipitação pluviométrica é de 1555 mm distribuída predominantemente ao longo de 6 meses. Sendo possível a ocorrência de precipitações esporádicas em maio e setembro.

#### 5. Conclusões

A partir dos valores de vulnerabilidade/estabilidade definidos e dos mapas analisados, as operações algébricas entre os valores mapas permitiram a obtenção da carta de vulnerabilidade à perda de solo apresentada na Figura 2.

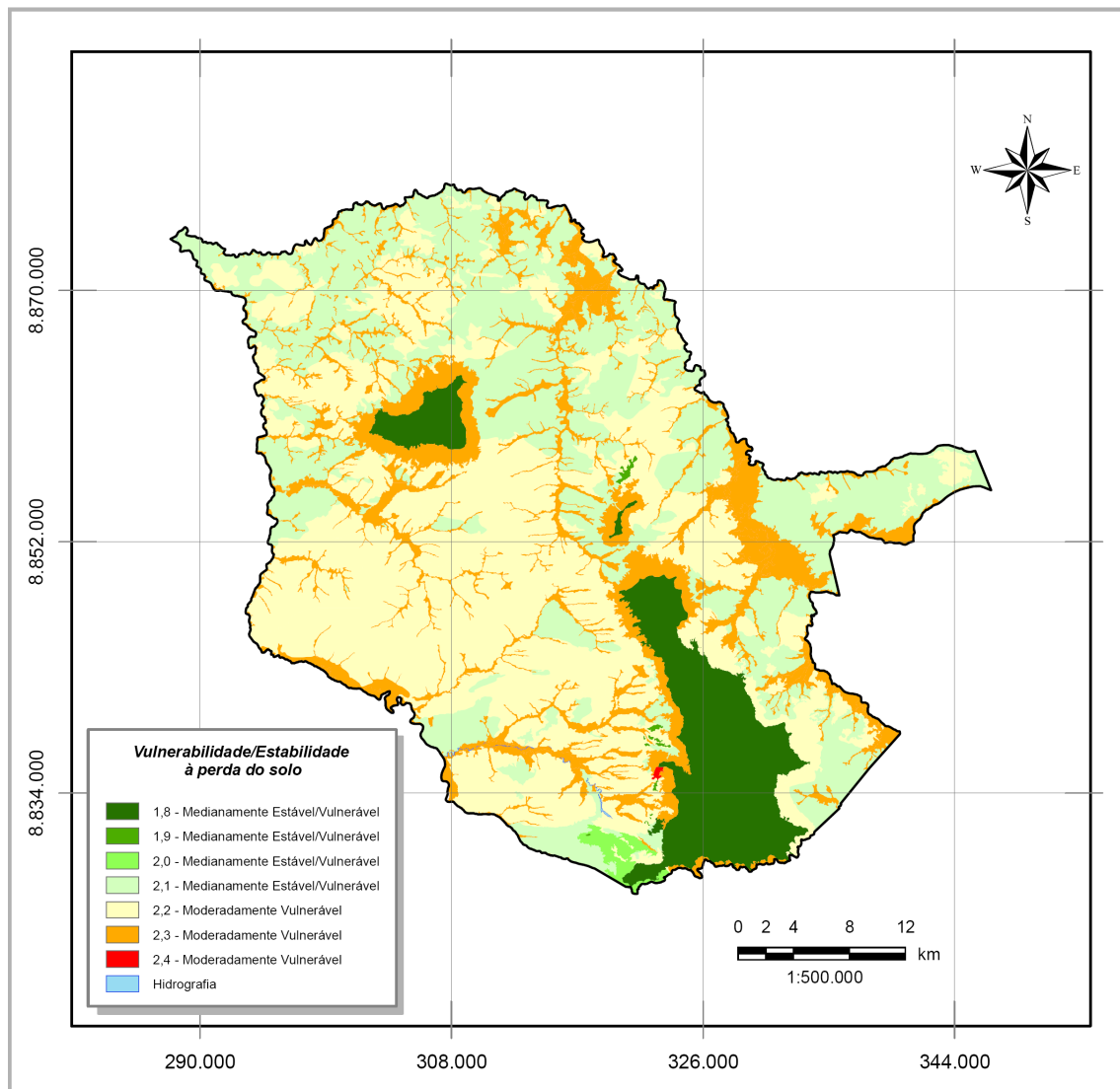


Figura 2. Carta de vulnerabilidade à perda do solo.

Para a representação cartográfica da estabilidade/vulnerabilidade das UTBs, fez-se necessário adequar as cores propostas na metodologia de Crepani et al. (2001), tendo em vista a pequena variação dos valores de estabilidade/vulnerabilidade obtidos para a área em questão. Contudo, na escolha das cores procurou-se manter os critérios de comunicação visual que buscam associar às cores “quentes” e seus matizes (vermelho, amarelo e laranja) nas

situações de emergência, e às cores “frias” e seus matizes (azul, verde) em situações de tranquilidade, também considerados na metodologia de Crepani et al. (2001).

A dinâmica das unidades da paisagem no PEJ é mantida em função do balanço pedogênese/morfogênese, onde ocorre o equilíbrio entre estes processos, prevalecendo um nível intermediário de vulnerabilidade, sendo que, a cobertura vegetal está diretamente relacionada à morfodinâmica e proteção destas unidades. Apresentando a inexistência de áreas absolutamente vulneráveis e estáveis, apresentando feições associadas às classes medianamente estáveis/vulneráveis e moderadamente vulneráveis.

As áreas enquadradas na classe medianamente estável/vulnerável (1,8 – 2,1), ocupam 41,45% da área total. Em sua maioria estão associadas à formação urucuia; relevo com formas dissecadas em colinas e ravinas; solos jovens (neossolos quartzarênicos) e a cobertura vegetal corresponde à classe campo sujo. São superfícies formadas por rochas sedimentares que apresentam valores intermediários (ao redor de 2,0) no seu grau de coesão, de relevo aplainado, solos com baixa fertilidade e baixa profundidade.

Outras regiões inseridas nesta mesma classe estão associadas também à formação urucuia, às formas de relevo referentes aos patamares estruturais, solos mais desenvolvidos latossolos e ao cerrado ralo e rupestre. Também formadas, por rochas sedimentares com grau de coesão intermediários, relevos planos e, entretanto, se diferenciam pelos solos serem mais desenvolvidos e profundos que os anteriores e também pela vegetação de menor densidade arbórea.

As UTBs classificadas em moderadamente vulneráveis (2,2 – 2,4), ocupam aproximadamente 58,41% da área de estudo. Situam-se em regiões formadas por sedimentos gravitacionais deflacionais e deluviais ou holoceno aluvionar; as formas de relevo se dividem nas áreas das escarpas marcadas pela alta declividade e nas áreas com presença de colinas; os solos podem ser neossolos litólicos ou neossolos quartzarênicos e a vegetação se divide em campo limpo/campo sujo; mata ciliar/mata de galeria ou cerrado denso e típico. Nesta classe, as rochas são caracterizadas pelos sedimentos inconsolidados (baixa coesão), apresentam alta variação nos valores de declividade, em razão da diferença de altitude de aproximadamente 350 m entre a região de relevo dissecado e o topo das Serras, os solos são pouco desenvolvidos.

As análises dos polígonos das Unidades Territoriais Básicas, adquiridos através da interpretação das imagens de satélite, permitiram conhecer os elementos naturais formadores da paisagem e a influência destes na vulnerabilidade/estabilidade da região. Apesar da área de estudo apresentar um nível intermediário de vulnerabilidade, esta se trata de uma Unidade de Conservação de Proteção Integral, portanto, o uso dos recursos naturais e a ocupação do espaço devem ser gerenciados com cautela, tendo em vista que a região apresenta fragilidades naturais. As informações mapeadas do território, associadas a outros critérios, podem orientar os gestores públicos em suas decisões com vistas à conservação, à continuidade da exploração turística e a minimização dos impactos.

### **Referências Bibliográficas**

Arruda, M. B.; Behr, M. V. (Orgs). **Jalapão: expedição científica e conservacionista**. Brasília: IBAMA, 2002. 92 p.

Crepani, E.; Medeiros, J. S. de; Filho, P. H.; Florenzano, T. G.; Duarte, V.; Barbosa, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. 124 p. (INPE-8454-RPQ/722).

Klink, C. A.; Machado, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation biology**, v.19, n. 3, p. 707-713, 2005.

Machado, R. B.; Neto, M. B. R.; Pereira, P. G. P.; Caldas, E. F.; Gonçalves, D. A.; Santos, N. S.; Tabor, K.; Steininger, M. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Brasília: Conservação Internacional. Brasília: [s.n.], 2004.

Rylands, A. B. ; Brandon, K. Unidades de conservação brasileiras. **Megadiversidade**, v.1, n. 1, p. 27-35, 2005.

Soares, M. Impactos do turismo: os efeitos do ecoturismo em unidades de conservação. **Coordenadas: turismo e gerenciamento**, v.2, n.2, 2007.

Takahashi, L. Y.; Milano, M. S.; Tormena, C. **Indicadores de impacto para monitorar o uso público no parque estadual pico do Marumbi – Paraná**. Revista Árvore, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 159-167, 2005.