



Amanda Alves dos Santos

Geoprocessamento Aplicado à
Identificação de Áreas de
Fragilidade Ambiental no Parque
Estadual da Serra do Rola Moça

XII Curso de Especialização em Geoprocessamento
2010



UFMG

Instituto de Geociências

Departamento de Cartografia

Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha

Belo Horizonte

AMANDA ALVES DOS SANTOS

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO À IDENTIFICAÇÃO DE
ÁREAS DE FRAGILIDADE AMBIENTAL NO PARQUE
ESTADUAL DA SERRA DO ROLA MOÇA**

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Geoprocessamento do Departamento de Cartografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do grau de especialista em Geoprocessamento.

Orientador: Prof.. Dr. Sergio Donizete Faria

BELO HORIZONTE

2010

Santos, Amanda Alves dos

Geoprocessamento aplicado à identificação de áreas de fragilidade ambiental no parque estadual da Serra do Rola Moça/ Amanda Alves dos Santos - Belo Horizonte, 2010.

vi, 39 f.: il.

Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. Departamento Cartografia, 2010.

Orientador: Professor Dr. Sergio Donizete Faria

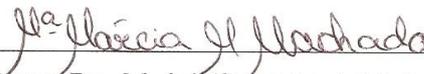
1. Fragilidade Ambiental 2. Análise Multicritério 3. Álgebra de Mapas. I. Título.

Amanda Alves dos Santos

Monografia defendida e aprovada em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento, em 22 de novembro de 2010, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:



Professor Dr. Sergio Donizete Faria (Orientador) - UFMG



Professora Dra. Maria Márcia Magela Machado - UFMG

AGRADECIMENTOS

Neste espaço, posso falar mais com a emoção do que com a razão, dessa forma tenho a dizer que durante este ano foram tantas expectativas, tantas pessoas que cruzaram o meu caminho, tantos aprendizados e oportunidades.....que não sei nem por onde começar agradecer.

Começo então pela minha família, que me apoiou e esteve ao meu lado mesmo quando eu não podia estar ao lado deles. Agradeço, em especial, a minha irmã Ana Cristina que ficava acordada todos os dias esperando para me buscar.

Agradeço a todos os professores que nos auxiliaram e passaram conhecimentos atrelados a técnica de extrema importância para o nosso futuro profissional. Ao coordenador Marcos Timbó, agradeço pelas aulas e pela atenção as nossas reivindicações.

Agradeço aos colegas de curso, que participaram de forma ativa nesse processo compartilhando momentos de troca de conhecimentos, idéias e risadas. Não poderia deixar dar um enfoque especial a Elisa, a Sol, a Jack, o Zé Renato, o Manoel, o Felipe, o Sérgio, o Paulo e o Mateus que tornaram ainda mais interessante esse período de convivência.

Agradeço ao professor Sergio Donizete Faria pela orientação.

Aos monitores: Luís, Daniel e Ciro pela dedicação

Ao Charles que durante este ano foi professor, monitor, companheiro e nos deu auxílio em todas das disciplinas. O cara conhece demais!!!

E por último, mas não menos importante agradeço ao meu namorado Flávio, pela compreensão, ajuda, paciência e por estar sempre ao meu lado. Você foi muito importante nessa trajetória.

RESUMO

Os estudos de fragilidade ambiental devem conter análises representativas do meio ambiente em seu sentido mais amplo considerando os fatores físicos, bióticos e abióticos. Ciente disso, este trabalho apresenta uma proposta metodológica para identificação de áreas de fragilidade ambiental no parque estadual da Serra do Rola Moça com o objetivo de levantar situações ambientais associadas à necessidade de proteção do parque a partir dos dados levantados no plano de manejo. A metodologia para o cruzamento e espacialização dos dados foi baseada em análise multicritérios e álgebra de mapas e para a ponderação das variáveis foi utilizado o método DELPHI. Os resultados obtidos foram satisfatórios diante do o objetivo do estudo identificando áreas fragilidade associadas ao meio físico, ao turismo, a ação antrópica e à correlação desses fatores.

Palavras chaves : Fragilidade Ambiental, Análise Multicritério, Álgebra de Mapas .

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	x
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Apresentação	11
1.2 Objetivos.....	12
CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1 Geoprocessamento aplicado a análise ambiental.....	13
2.2 Análise multicritérios e álgebra de mapas	14
CAPÍTULO 3 – MATERIAIS E METÓDOS.....	18
3.1 Caracterização da área de estudo.....	18
3.2 Materiais	19
3.3 Metodologia.....	20
3.3.1 Coleta de dados.....	20
3.3.2 Seleção das variáveis	20
3.3.3 Organização e tratamento da base cartográfica	22
3.3.4 Ponderação das variáveis.....	24
3.3.5 Cruzamento dos dados.....	25
3.3.6 Elaboração dos mapas	25
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	26
4.1 Mapa de risco decorrente do turismo	26
4.2 Mapa de risco decorrente da ação antrópica.....	28
4.3 Mapa de fragilidade ambiental natural	30
4.4 Mapa de fragilidade ambiental	33
CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
A APÊNDICE A – MODELO DOS QUESTIONÁRIOS APLICADOS.....	38
A.1 Questionário: Mapa de Fragilidade Ambiental Natural	38
A.2 Questionário: Mapa de Risco Ambiental decorrente da Ação Antrópica	39
A.3 Questionário: Mapa de Risco Ambiental decorrente do Turismo	39

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 1 – Estrutura hierárquica genérica de problemas de decisão.	15
Figura 2 – Mapa de localização do Parque Estadual da Serra do Rola Moça	19
Figura 3 – Árvore de decisão.....	21
Figura 4– Mapa de proximidade de cursos d’água.....	23
Figura 5 – Mapa de Pressão Antrópica.....	23
Figura 6 – Mapa de declividade.	24
Figura 7 – Mapa de risco decorrente de turismo.	27
Figura 8– Mapa de risco decorrente da ação antrópica.	29
Figura 9 – Mapa de fragilidade ambiental natural.....	32
Figura 10– Mapa de fragilidade ambiental.....	33

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 1 – Pesos e notas para o Mapa de Risco Decorrente do Turismo.....	26
Tabela 2 – Pesos e notas para o Mapa de Risco Decorrente da Ação Antrópica	28
Tabela 3 – Notas e pesos para o Mapa de Fragilidade Ambiental Natural	30

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

IDW	– <i>Inverse distance Wheighted</i>
IEF/MG	– Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais
MDE	– Modelo Digital de Elevação
MDT	– Modelo Digital de Terreno
SAD69	– <i>South American Datum 1969</i>
SIG	– Sistema de Informação Geográfica
SNUC	– Sistema Nacional de Unidades de Conservação
TIN	– <i>Triangular Irregular Network</i>
UTM	– Universal Transversa de Mercator
WGS84	– <i>World Geodetic System 1984</i>

CAPITULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

Nos países de economia emergente, a exemplo do Brasil, onde a manutenção dos remanescentes de florestas tropicais passou a ser uma das prioridades governamentais, a criação de áreas sob proteção legal cresceu significativamente (SILVA, 2009). O estabelecimento dessas áreas tem sido uma das mais importantes ferramentas para a conservação de alguns componentes da biodiversidade.

Em âmbito mundial o crescimento do número de áreas protegidas é o reflexo do aumento de políticas e comprometimento de vários países para conservação da biodiversidade remanescente no planeta terra. O crescimento da rede global de áreas protegidas, com diversos objetivos de manejo, também reflete o alto valor social e cultural dessas áreas para a sociedade em geral.

As unidades de conservação são consideradas, segundo a Lei 9.985, de 18 de julho de 2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) como:

[...] o espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (BRASIL, 2000, p.1).

Essas unidades são de extrema importância para a conservação da biodiversidade e devem ter um manejo adequado para que sua condição de conservação seja assegurada.

Segundo o Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF-MG), até abril de 2008 existiam 187 unidades de conservação, no estado de Minas Gerais, sendo 56 de proteção integral¹ e 131 de uso sustentável². Dentre essas categorias existem especificidades a cada área distinguem tipos de unidades. Para exemplificar é possível citar algumas categorias de proteção integral e de uso sustentável como: Reserva Biológica, Parque, Estação

¹ Segundo a Lei 9.985/2000, §1º, o objetivo básico das Unidades de Proteção Integral é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos nesta lei.

² Segundo a Lei 9.985/2000, §2º, o objetivo básico das Unidades de Uso Sustentável é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais.

Ecológica, para o primeiro tipo, e Área de Proteção Ambiental e Reserva Particular do Patrimônio Natural, para o segundo.

Atualmente sabe-se que apesar da grande importância dessas áreas de conservação, os sistemas públicos encontram dificuldades para administrá-las e manejá-las. É grande a discussão entorno deste assunto surgindo até questionamentos sobre a validade da criação de novas unidades de conservação. Apesar desta polêmica é incontestável a importância dessas áreas sendo necessário, de acordo com Silva (2009), criar novas opções de gestão.

De acordo com o SNUC as unidades de conservação devem ter um plano de manejo ³, que defina as formas de uso e gestão dessas áreas. Entretanto, ainda hoje são poucas as unidades que apresentam este tipo de planejamento e, quando apresentam, na maioria dos casos, os planos contêm uma série de dados desconexos, o que dificulta a ação da equipe responsável por sua gestão. Refletindo sobre essa questão e pensando sobre a necessidade de criar novas opções para gestão dessas áreas é que surgiu a proposta deste presente trabalho: utilizar uma série de dados produzidos para elaboração do plano de manejo e definir, através de técnicas de análise por geoprocessamento, áreas específicas dentro da unidade que apresentam maiores necessidades de proteção. A idéia é possibilitar uma gestão otimizada baseada em ações preventivas específicas para os locais apontadas como mais vulneráveis à degradação dentro da grande área da unidade de conservação.

1.2 Objetivos

Levantar e analisar as situações ambientais associadas à necessidade de proteção do Parque Estadual da Serra do Rola Moça, em Minas Gerais.

Os objetivos específicos são:

- realizar um estudo exploratório das situações ambientais relacionadas ao meio físico, antrópico e ao turismo no interior do parque;
- apontar áreas de fragilidade ambiental .

³ Documento técnico mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais de uma unidade de conservação, se estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da unidade;

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentados uma breve descrição e conceitos gerais relacionados ao geoprocessamento aplicado a análise ambiental. É dada maior ênfase aos tópicos “análise multicritérios” e “álgebra de mapas”, os quais fazem parte da metodologia de análise utilizada no presente trabalho.

2.1 Geoprocessamento aplicado a análise ambiental

A utilização de informações de acordo com a sua distribuição geográfica sempre esteve presente nas sociedades organizadas, através dos mapas em papel. Esses representam e fornecem a localização das informações da superfície terrestre ou de parte dela, mas não possibilitam uma análise que envolva o cruzamento dos dados. O desenvolvimento das tecnologias ligadas a informática tornou possível a organização e armazenamento dessas informações espacialmente localizadas em um sistema computacional, surgindo assim o geoprocessamento. De acordo com Câmara e Davis (2002):

[...] o termo Geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional. As ferramentas computacionais para Geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica, permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados geo-referenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos (CÂMARA e DAVIS, 2002, p.1).

Assim o conjunto de técnicas de processamento de dados georreferenciados surge com o objetivo de representar, mas também de inserir uma nova forma de pensar sobre o espaço, que permita a análise conjunta dos dados possibilitando um ganho de informação.

Atualmente o geoprocessamento enquanto tecnologia apresenta grandes avanços, técnicos, metodológicos e conceituais. Através desses avanços houve a percepção da importância de trabalhar com dados a partir do seu atributo de localização e várias áreas do conhecimento passaram a utilizar essa tecnologia.

Na análise ambiental o conceito de meio ambiente é entendido como uma visão sintética da realidade que nos cerca, visão esta que admite as mais diferentes escalas e que pode ser

decomposta para aquisição de conhecimentos.

Segundo Bertrand (1972, citado por Christofolletti, 1999, p.42) o meio ambiente, compreendido enquanto conexão da natureza com a sociedade, pode ser definido como um geossistema “situado numa determinada porção do espaço, sendo resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológico e antrópicos, que fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. Sendo a análise ambiental uma área de estudo das correlações entre esses elementos.

Neste sentido, as ferramentas e metodologias de geoprocessamento, por possibilitarem um estudo integrado da realidade, potencializam os estudos de análise ambiental. De acordo com Xavier (2009, p.21), o uso de geoprocessamento na análise ambiental tem propiciado novas formas de relacionamento com os dados ambientais, pois os pesquisadores responsáveis pela análise passam a ter novos meios de contato físico com suas informações sendo possível a utilização de novas formas de coleta e análise.

Diante da complexidade dos sistemas ambientais, o uso do geoprocessamento se torna cada vez mais importante para a realização de análises que envolvam esse tema. Através de sua metodologia é possível estabelecer relações sistêmicas do ambiente, servindo como uma ferramenta de apoio à tomada de decisão.

Para estudar e modelar um sistema é necessário partir de um objetivo para o qual as variáveis são selecionadas e combinadas para a análise de suas relações gerando, dessa forma, um modelo da realidade estudada.

Existem várias metodologias para a esse tipo de análise espacial, algumas próprias do geoprocessamento como a álgebra de mapas, a reclassificação e as funções de vizinhança e outras adaptadas de outras ciências, como a análise de multicritérios. Esses métodos têm por objetivo realizar análises que aproximem as informações geradas das características reais.

2.2 Análise multicritérios e álgebra de mapas

Diante da complexidade dos fenômenos e da necessidade de encontrar soluções que possam auxiliar na tomada de decisão, os métodos de análise multicritérios vêm sendo amplamente utilizados. Esse tipo de análise se constitui num sistema de suporte a tomada de decisão baseado na combinação de variáveis ou critérios segundo diferentes métodos. Ele deve ser utilizado em situações que a análise de apenas uma variável não representa a

realidade do fenômeno estudado.

Durante a década de 60 os métodos de multicritérios tiveram um desenvolvimento significativo, surgindo várias escolas de pesquisadores com novas técnicas de apoio às inovadoras formas de tomar decisões (GONÇALVES, PINHEIRO e FREITAS, 2003). Neste período, os estudos eram baseados principalmente no critério econômico e ou produtivo das empresas. Atualmente, os estudos dessa natureza vêm sendo difundidos e trabalhados em questões de cunho ambiental, urbano, social, econômico, entre outros.

Na geografia, através do conjunto de técnicas de geoprocessamento, este tipo de análise é bastante utilizado, principalmente por se basear no eixo central da construção de um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Segundo Moura (2007), a análise de multicritérios é também conhecida como *Árvore de Decisões* ou como *Análise Hierárquica de Pesos*. Na Figura 1 é apresentada uma representação esquemática genérica da estrutura hierárquica genérica de problemas de decisão. O procedimento baseia-se no mapeamento de variáveis por plano de informação e na definição do grau de pertinência de cada plano de informação e de cada um de seus componentes de legenda para a construção do resultado final, utilizando-se fatores de ponderação sempre que necessário. “A matemática empregada é a média simples ponderada, também sendo possível a utilização da lógica *fuzzy* para atribuir os pesos e as notas” (MOURA, 2007, p.2901).

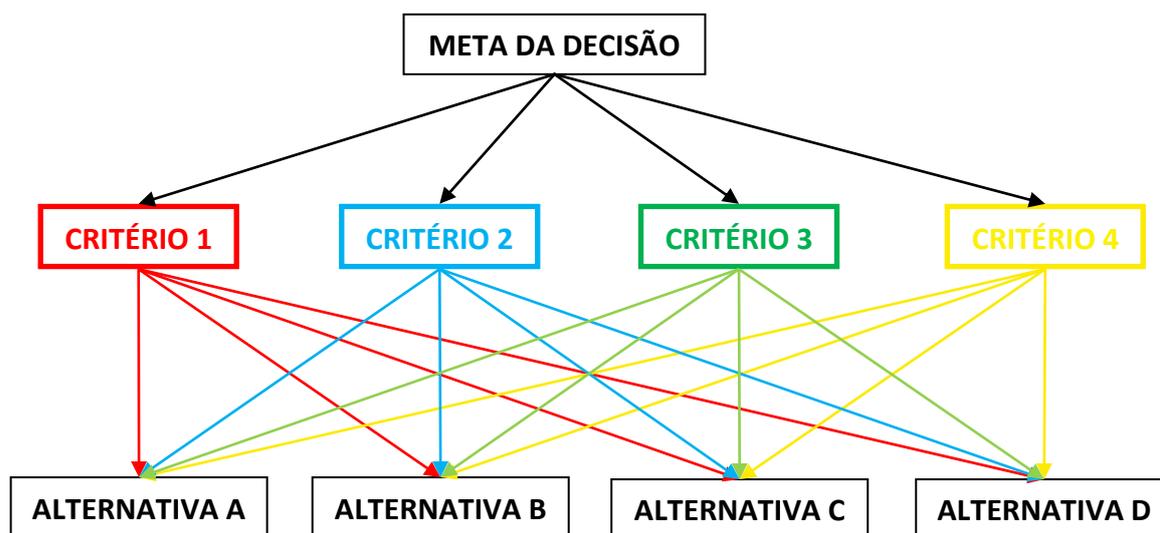


Figura 1 – Estrutura hierárquica genérica de problemas de decisão.

Fonte: Gartner (2001, citado por Vilas Boas, 2006, p. 49).

Para a realização de uma análise multicritérios o estudo deve se basear nos seguintes

passos: seleção e representação das variáveis que caracterizam o fenômeno, organização dessas em planos de informação, discretização dos planos em resolução espacial adequada, combinação das variáveis de forma que elas possam representar a complexidade da realidade; e, por último, a possibilidade de calibração e validação do sistema mediante identificação e correção das relações construídas entre as variáveis mapeadas.

O emprego de média ponderada para o cruzamento das variáveis cria uma espaço ordinal que também pode ser entendido como intervalar (MOURA, 2007). No primeiro as variáveis são quantificadas de acordo com as diferenças de ordem, enquanto no segundo, elas são representadas em termos de posição numa escala linear. Segundo Moura (2007), a ponderação deve ser feita por "*knowledge driven evaluation*", ou seja, por conhecedores dos fenômenos e das variáveis da situação avaliada, ou por "*data-driven evaluation*" que se refere ao conhecimento prévio de situações semelhantes. No intuito de garantir a pertinência entre as variáveis é indicada a utilização do modelo DELPHI (MOURA, 2007) ou a consulta direta a especialistas.

O método DELPHI, na sua formulação original, é uma técnica que busca o consenso de um grupo de especialistas a respeito de eventos (WRIGHT e GIOVINAZZO, 2000). Mais recentemente este método vem sendo aplicado num sentido mais amplo, buscando incorporar idéias e proposições de políticas organizacionais mais gerais. De acordo com Wright e Giovinazzo (2000), esta nova forma de DELPHI não se caracteriza por um instrumento de previsão, mas sim por uma técnica de apoio à tomada de decisão e a definição de políticas.

Para a aplicação desse método é de fundamental importância que haja troca de informação e opinião entre os respondentes do questionário, anonimato das respostas e possibilidade de revisão das mesmas. A troca de informações estabelecidas durante as rodadas de aplicação do questionário tem por objetivo alcançar um consenso entre os participantes. Na análise de multicritério esse método é utilizado para obtenção da hierarquia das variáveis, através de pesos, e para definição do grau de importância dos planos de informação (ou variáveis) para determinado fenômeno, através de notas.

A utilização da análise multicritérios, como forma de ponderação na modelagem espacial precisa vir acompanhada de técnicas de álgebra de mapas. De acordo com Câmara *et al.* (2001):

[...] o termo "Álgebra de Mapas" foi cunhado por Tomlin (1990), para indicar o

conjunto de procedimentos de análise espacial em Geoprocessamento que produz novos dados, a partir de funções de manipulação aplicadas a um ou mais mapas. Esta visão concebe a análise espacial como um conjunto de operações matemáticas sobre mapas, em analogia aos ambientes de álgebra e estatística tradicional. Os mapas são tratados como variáveis individuais, e as funções definidas sobre estas variáveis são aplicadas de forma homogênea a todos os pontos do mapa (CÂMARA et al., 2001, p. 488).

A Álgebra de Mapas envolve uma linguagem especializada que compõe operações tanto no sentido matemático quanto no sentido cartográfico e espacial. Segundo Câmara *et al.* (2001) as operações matemáticas derivam das operações aritméticas, funções matemáticas, estatísticas e outras de natureza tipicamente quantitativa, já as operações de cunho cartográfico e espacial envolvem operações de ponderação, fatiamento, reclassificação e espacialização.

Para a realização do cruzamento espacial de variáveis através dessa técnica é necessário a utilização da estrutura de representação computacional de campos. Para Borges (2002, p.7) esse tipo de representação “apresenta o mundo real como uma superfície contínua, sobre a qual entidades geográficas variam continuamente segundo diferentes distribuições”. A utilização desse tipo de representação não implica na não utilização das informações obtidas por uma estrutura de objetos, na qual “a realidade é vista como uma superfície ocupada por entidades identificáveis e cada posição (X,Y) do espaço poderá estar ou não ocupada” mas sim na transformação dessas, quando possível, para estruturas de campos (Borges, 2002, p.7).

Sendo assim, através da álgebra de mapas a árvore de decisões e os valores obtidos pela ponderação podem ser sistematizados e espacializados, alcançando o objetivo da análise espacial.

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E METÓDOS

Neste capítulo é apresentada a caracterização da área de estudo, os materiais e a metodologia de análise utilizada neste trabalho.

3.1 Caracterização da área de estudo

O Parque Estadual da Serra do Rola Moça está localizado na interseção dos municípios de Belo Horizonte, Nova Lima, Ibirité e Brumadinho, parte central de Minas Gerais, região do Quadrilátero Ferrífero, porção sul da Reserva da Biosfera do Espinhaço complexo. Com uma área total de 3.942 ha, o parque está na junção de sistemas serranos; recobertos quase sempre por canga, que ajuda a sustentar seu relevo por ser uma cocha muito lhe confere um alto potencial hidrogeológico, estabelecendo uma importante área de recarga. Há um grande número de nascentes propiciando uma rede de drenagem que faz parte das bacias do Paraopeba e Rio das Velhas. Essas são áreas de mananciais e abastecem parte da região metropolitana de Belo Horizonte.

Na carta-imagem da Figura 2 é mostrada a localização espacial da área de estudo, no contexto regional e estadual.

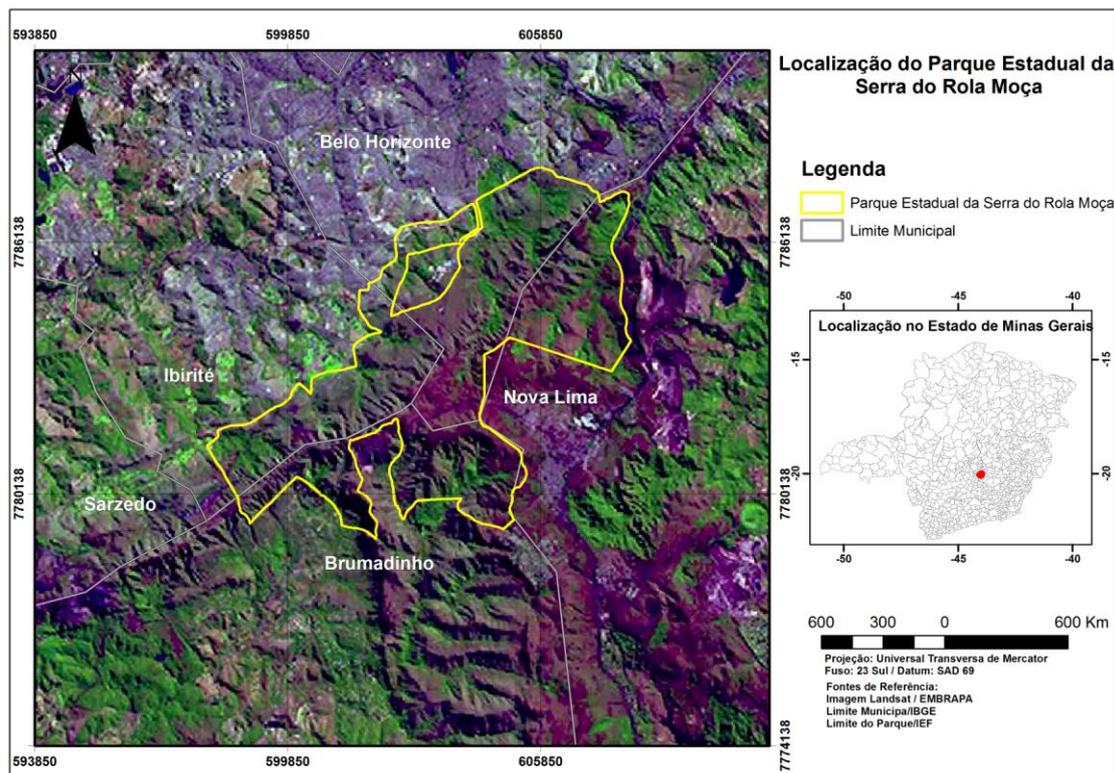


Figura 2 - Mapa de localização do Parque Estadual da Serra do Rola Moça

Além disso, o parque está situado numa área de tensão ecológica entre a Mata Atlântica e o Cerrado, caracterizando uma área importante para conservação da fauna e da flora. De acordo com o Atlas de Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade no Estado de Minas Gerais (DRUMOND, *et al*, 2005) essa área apresenta importância especial pela presença de ambientes únicos no estado. Do ponto de vista biótico a área apresenta uma série de espécies de fauna e flora ameaçadas de extinção e algumas com ocorrência única na área do parque.

Um dos principais problemas do parque está relacionado com suas adjacências. É possível encontrar no entorno próximo, áreas urbanas que muitas vezes são limítrofes com o parque, empresas de mineração, lixões, entre outros. Outro problema recorrente é a incidência de incêndios que são facilmente propagados na área por causa das características vegetacionais, do clima, do relevo e também pela dificuldade de acesso dos bombeiros. Esses são alguns dos problemas recorrentes do parque e que colocam em risco áreas de grande relevância ecológica.

3.2 Materiais

Os materiais utilizados para alcançar os objetivos propostos são:

- Cartas topográficas, IBGE;
- Mapa de geologia, projeto “Geologia do Quadrilátero”;
- Mapa de Cobertura Vegetal, plano de manejo do Parque Estadual da Serra do Rola Moça – IEF/MG;
- Mapa de Pressão Antrópica, plano de manejo do Parque Estadual da Serra do Rola Moça – IEF/MG;
- Mapa de atrativos atuais e potenciais do parque, plano de manejo do Parque Estadual da Serra do Rola Moça – IEF/MG;
- Mapa de infraestrutura do parque, plano de manejo do Parque Estadual da Serra do Rola Moça – IEF/MG;
- *Software* ArcGis 9.3, licença tipo ArcInfo.

A seguir é apresentada a metodologia utilizada para o levantamento e análise das situações ambientais associadas à necessidade de proteção do Parque Estadual da Serra do Rola Moça, em Minas Gerais.

3.3 Metodologia

3.3.1 Coleta de dados

Os dados e informações referentes ao plano de manejo foram disponibilizados pelo Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF-MG), na projeção UTM (*Universal Transversa de Mercator*), datum SAD69 (*Shouth American 1969*) e escalas de mapeamento variando entre 1:5.000 e 1:50.000. Também foi utilizada bases cartográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), também na projeção UTM, datum Córrego Alegre – escala 1:50.000, e do projeto “Geologia do Quadrilátero Ferrífero” (projeção UTM, datum SAD69 – escala de 1:50.000).

3.3.2 Seleção das variáveis

As variáveis foram selecionadas de acordo com dois critérios. O primeiro foi a definição de variáveis que fossem capazes de demonstrar o potencial de fragilidade do Parque e o segundo a utilização de variáveis construídas ou organizadas durante a elaboração do Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra do Rola Moça (DRUMOND, *et al*, 2007). As

variáveis selecionadas foram: trilhas, estradas, infraestrutura, pressão antrópica, atrativos, geologia, nascentes, cursos d'água, cobertura vegetal e declividade.

Após esse processo essas variáveis foram arranjadas em uma estrutura de árvore decisão, Figura 3, com o objetivo demonstrar a proposta de modelagem da fragilidade ambiental para a área de estudo. Através dela é possível observar que questões relacionadas ao meio físico foram consideradas como “fragilidade ambiental natural” e as associadas ao turismo e a ação antrópica foram consideradas como “risco decorrente do turismo e da ação antrópica” à qual o Parque está suscetível.

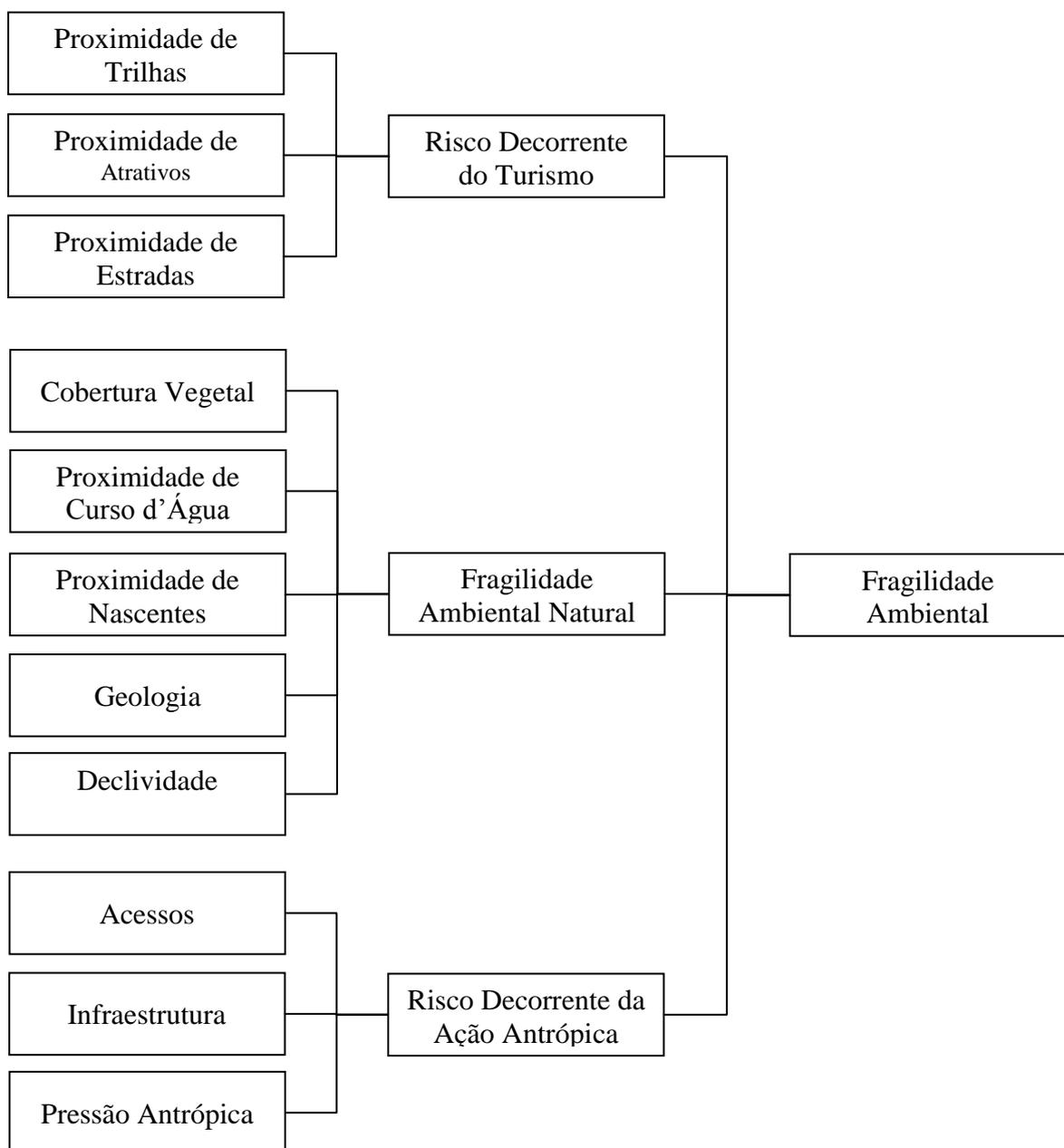


Figura 3 – Árvore de decisão.

3.3.3 Organização e tratamento da base cartográfica

Os dados das variáveis foram, primeiramente, tratados para correção de erros topológicos, e convertidos para um mesmo sistema de projeção cartográfica (UTM/SAD69). Após esse tratamento, os dados foram organizados em planos de informação na escala nominal e convertidos para o formato *raster*. A resolução espacial dos dados rasterizados de acordo com a precisão cartográfica definida pela acuidade visual é de 10 metros.

As dimensões da área de estudo foram definidas de acordo com o limite do Parque Estadual da Serra do Rola Moça e seu entorno imediato, estando delimitada pelo retângulo dado pelas seguintes coordenadas UTM : 595406,77 mE e 7790032,43 mN (canto superior esquerdo); 610843,167 mE e 7777058,28 mN (canto inferior direito). A matriz relativa à área de trabalho 1297 linhas por 1544 colunas, sendo cada pixel de 10 por 10 metros.

Como modo de apresentação espacial dos dados utilizou-se “áreas de influência” para a conversão de vetor para *raster*, dos elementos pontuais e lineares representados. Para definir o tamanho dessas áreas foi utilizado: para hidrografia e nascentes, as distâncias das áreas de preservação permanente (APP), segundo a Lei 14309/2002; para estradas, o tamanho base da faixa de servidão; e para trilhas, atrativos e infraestrutura foram analisados os textos do plano de manejo do parque em busca de referências que pudessem definir o tamanho da área de influência dessas estruturas.

Assim, essas áreas foram delimitadas de acordo com suas características próprias e divididas em até cinco classes com intervalos iguais. A estrutura de múltiplo *buffer* foi a mais utilizada para a definição das “áreas de influência” sendo que para a variável “pressão antrópica” foi utilizada uma interpolação *Inverse distance Wheighted (IDW)*, este método estima os valores da célula pela média dos valores dados pela vizinhança. Para os dados zonais foram elaborados mapas temáticos em escala nominal e, posteriormente eles foram convertidos para o formato *raster*.

Nas Figuras 4 e 5 são apresentados os mapas de proximidades de cursos d’água e de pressão antrópica que foram elaborados a partir da estrutura de múltiplo *buffer* e *IDW* respectivamente.

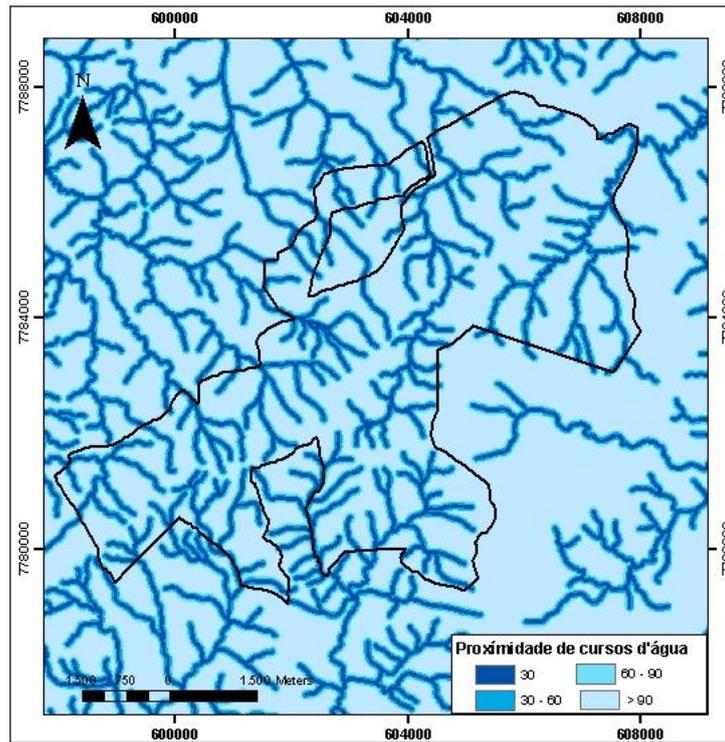


Figura 4– Mapa de proximidade de cursos d'água.

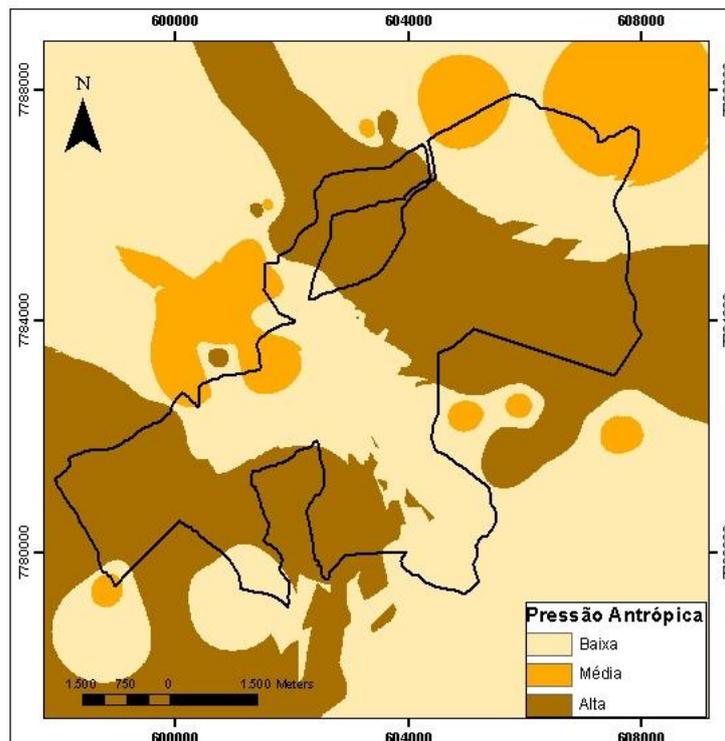


Figura 5 - Mapa de Pressão Antrópica.

A variável declividade foi construída a partir de um modelo digital de elevação (MDE) através da interpolação de curvas de nível com equidistância de 20m pelo método

Triangular Irregular Network (TIN), que identifica as faixas de declividade do terreno, em graus ou em percentual. Foram definidas 5 classes, sendo que os valores maiores que 45° , ou declividade maior que 100%, foram agrupados em uma única classe pois, de acordo com a Lei 14309/2002, representam áreas de preservação permanente. O mapa de declividade resultante é apresentado na Figura 6.

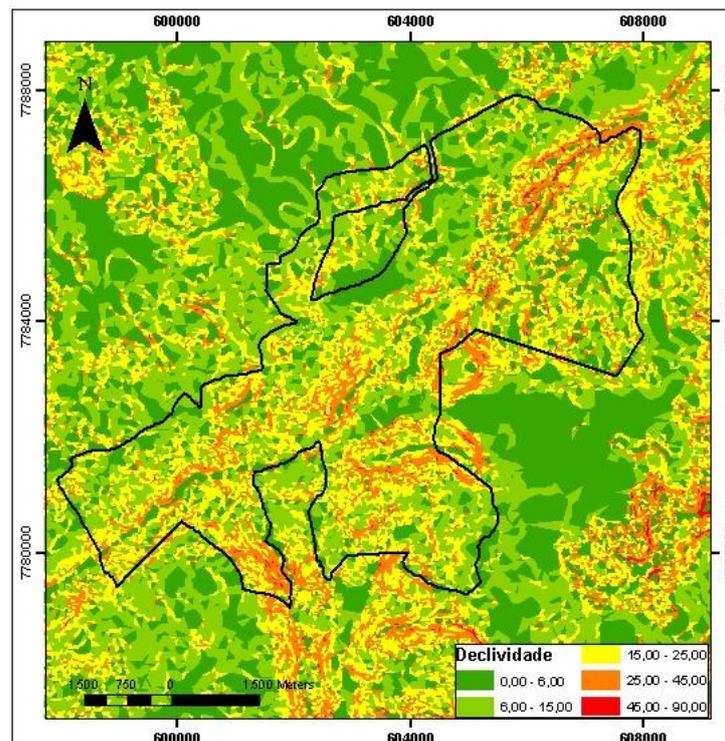


Figura 6 – Mapa de declividade.

3.3.4 Ponderação das variáveis

A análise multicritérios por meio do modelo “*knowledge-driven*” foi a técnica de ponderação escolhida para o estudo.

Foi elaborado um questionário utilizando a metodologia DELPHI, em formato de tabela, com as variáveis selecionadas, distribuídas por atributos ou áreas de influência. No Apêndice A é apresentado o modelo de questionário aplicado na primeira fase do DELPHI.

Através dessa metodologia os especialistas definem valores de 0 a 10 para os atributos das variáveis, e também estabelecem uma hierarquia entre elas distribuindo pesos de 0 a 100% de acordo com a influência destas para o fenômeno estudado. Os valores dos pesos e das notas são maiores quanto mais alto for o risco ou a fragilidade ambiental do atributo ou da faixa de influência analisada.

Os questionários foram enviados, por e-mail, a 30 especialistas de áreas diversificadas que realizam ou já realizaram algum trabalho na área de estudo. Desse universo, apenas 13 pesquisadores responderam, sendo necessário, em alguns casos, aplicar o questionário pessoalmente.

Os resultados obtidos através da aplicação do questionário foram submetidos ao cálculo de média determinando novos valores para as variáveis.

3.3.5 Cruzamento dos dados

Os dados reclassificados através da ponderação das variáveis foram submetidos ao processo de álgebra de mapas por meio da equação de soma. O objetivo desse processo é realizar o cruzamento das variáveis obtendo como resultado os três mapas intermediários e posteriormente o mapa síntese.

3.3.6 Elaboração dos mapas

Os mapas resultantes do processo de álgebra foram classificados através do método de quebra natural com cinco classes de análises denominadas alto, médio a alto, médio, baixo a médio e baixo.

Para cada um dos temas foi elaborado um *layout* contendo o raster resultante do processo de álgebra e os principais elementos de um mapa.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados da aplicação da análise multicritérios e álgebra de mapas para geração dos mapas de risco decorrente do turismo, risco decorrente da ação antrópica, fragilidade ambiental natural e fragilidade ambiental no parque estadual da Serra do Rola Moça.

4.1 Mapa de risco decorrente do turismo

O mapa de risco decorrente do turismo apresenta como variáveis a proximidade de estradas, de atrativos e de trilhas. De acordo com o conhecimento de especialistas foram estabelecidas notas para cada componente das variáveis, sendo que quanto mais próximo do elemento avaliado maior o valor da nota, já que maior será o risco. Os pesos foram estabelecidos segundo a seguinte hierarquia: 47% para atrativos, 27% para trilhas e 26% para estradas, conforme apresentado na Tabela 1. Nesta tabela também são apresentadas as médias calculadas para as notas das variáveis do mapa de risco decorrente do turismo, dadas pelos especialistas.

Tabela 1– Pesos e notas para o Mapa de Risco Decorrente do Turismo.

Variável	Pesos	Componentes de Legenda	Notas
Proximidade de Trilhas	26%	De 0 a 5 metros	8
		De 5 a 10 metros	7
		De 10 a 15 metros	5
		Maior 15 metros	0
Proximidade de atrativos	47%	De 0 a 100 metros	10
		De 100 a 200 metros	8
		De 200 a 300 metros	7
		Maior que 300 metros	0
Proximidade de Estradas	27%	De 0 a 15 metros	9
		De 0 a 30 metros	8
		De 30 a 45 metros	5
		Maior que 45 metros	2

Através desses valores os dados foram reclassificados, ponderados e somados pixel a pixel gerando o mapa de risco decorrente do turismo, apresentado na Figura 7.

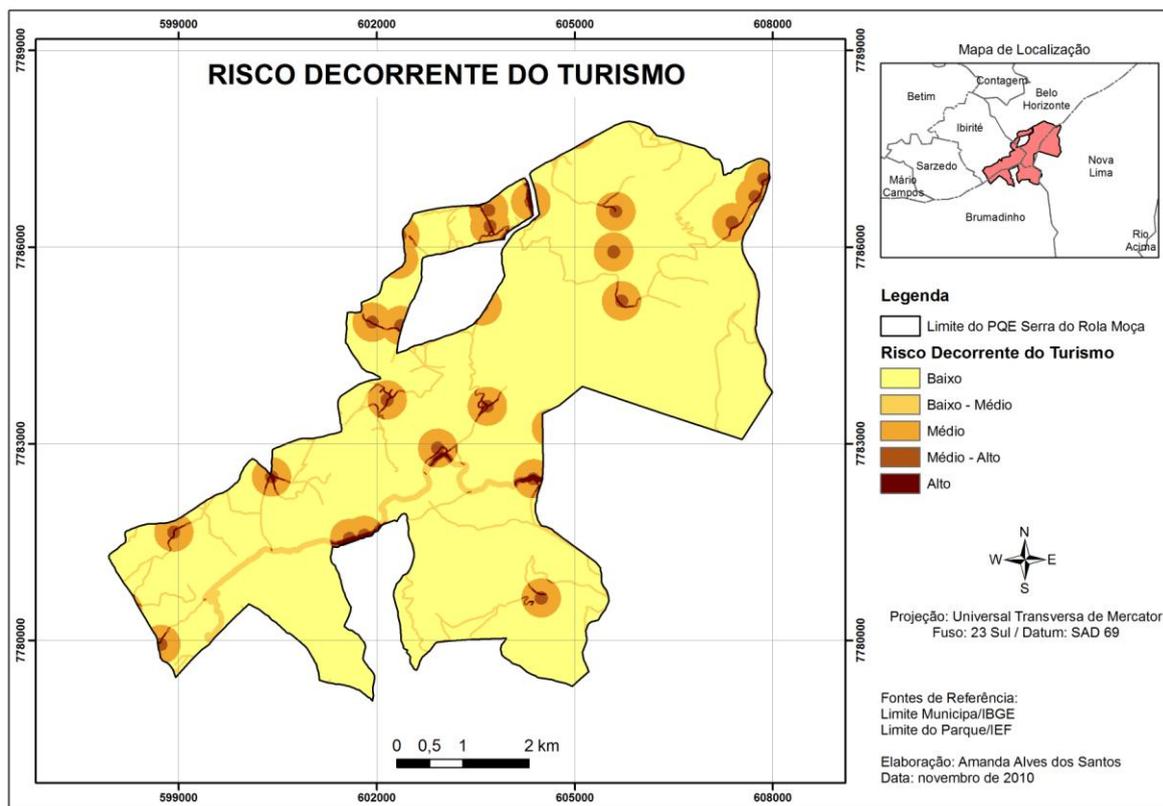


Figura 7 – Mapa de risco decorrente de turismo.

Por meio desse mapa é possível perceber que as áreas classificadas como de alto e médio a alto risco estão situadas nas proximidades de atrativos e no encontro desses com as trilhas. As áreas de médio risco estão localizadas nas partes mais afastadas dos limites de influência dos atrativos e as áreas de médio a baixo e baixo risco estão distribuídas pela unidade, sendo que a primeira está localizada nas trilhas e estradas e a segunda está espalhada pelo interior do parque.

É necessário ressaltar que este mapa foi elaborado a partir de variáveis pontuais e lineares, que apesar de trabalhar com áreas de influência não apresentam dados para toda a área de estudo. Assim, as áreas classificadas como de baixo risco são locais que não apresentam informação direta associada.

A espacialização dos dados demonstra que há poucas áreas, em relação ao tamanho do parque, com alto risco relativo ao turismo. Isto demonstra uma característica já conhecida do Parque Estadual da Serra do Rola Moça, que é baixa quantidade de visitantes comparada com outros parques estaduais.

O turismo no parque está associado, principalmente, ao uso da população local como área de lazer para realização de atividades como futebol, *cooper* e banho, normalmente, nos fins

de semana.

4.2 Mapa de risco decorrente da ação antrópica

Este mapa apresenta como variáveis a proximidade de estradas, de infraestrutura, e a pressão antrópica. Foram considerados como infraestrutura, o centro de visitantes e as casas de funcionários enquanto que os dados de pressão antrópica são pontos de atividade impactantes, classificados como alta, média e baixa pressão antrópica, localizados nas proximidades do parque. Esses pontos foram interpolados para representar espacialmente sua influência no parque.

Através do conhecimento de especialistas foram definidas a hierarquia dos dados, pesos, e o grau de pertinência, notas. As notas foram estabelecidas tendo o maior valor nas áreas próximas ao elemento representado, para proximidade de estradas e de infraestrutura, e para pressão antrópica nas áreas com maiores valor de pressão. Os pesos foram estabelecidos segundo a seguinte hierarquia: 33% estrada, 20% infraestrutura, e 47% para pressão antrópica, conforme apresentado na Tabela 2. Nesta tabela também são apresentadas as médias calculadas para as notas das variáveis do mapa de risco decorrente da ação antrópica. Para a espacialização dos dados utilizou-se os valores apresentados na Tabela 2 para reclassificar, ponderar e somar pixel a pixel as variáveis.

O mapa representado na Figura 8 apresenta a espacialização dos dados.

Tabela 2 – Pesos e notas para o Mapa de Risco Decorrente da Ação Antrópica

Variável	Pesos	Componentes de Legenda	Notas
Proximidade de estradas	33%	De 0 a 15 metros	9
		De 15 a 30 metros	8
		De 30 a 45 metros	5
		Acima de 45 metros	2
Proximidade de infraestrutura	20%	De 0 a 100 metros	8
		De 100 a 200 metros	6
		De 200 a 300 metros	5
		Maior que 300 metros	4
Pressão antrópica	47%	Alta	10
		Média	7
		Baixa	5

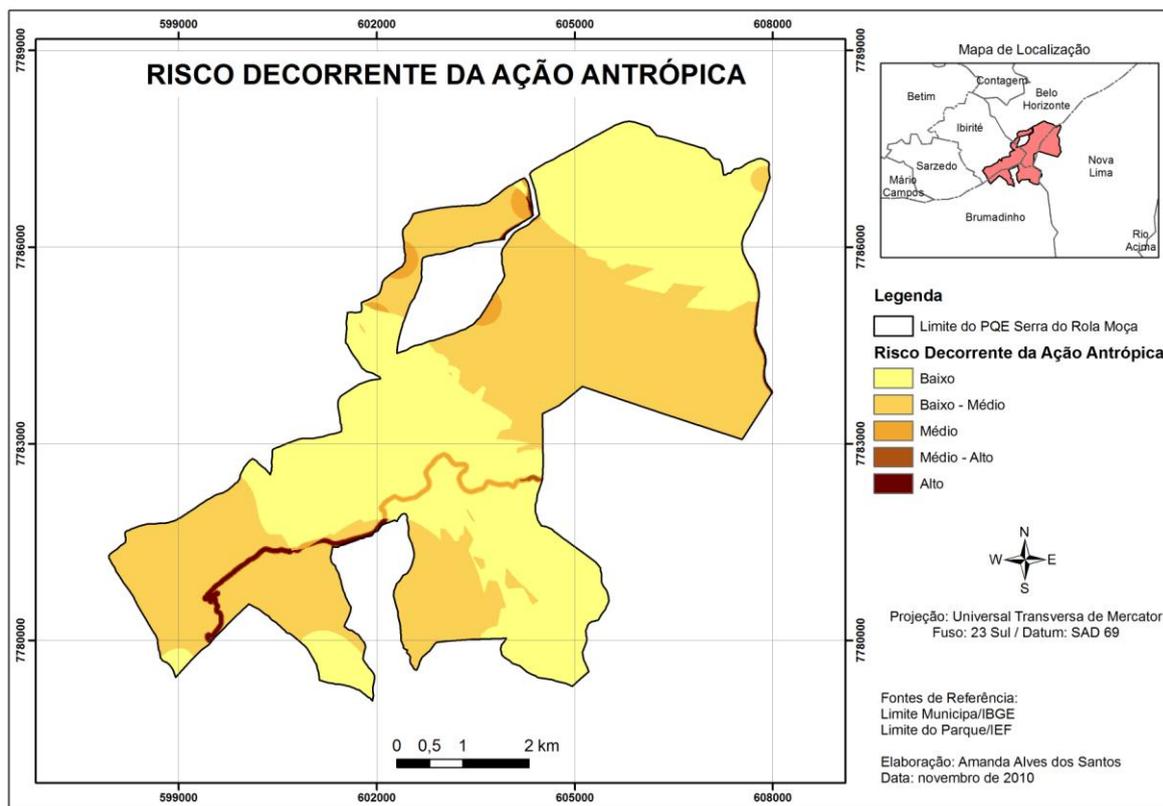


Figura 8– Mapa de risco decorrente da ação antrópica.

Neste mapa é possível observar que as áreas de alto e médio a alto risco antrópico estão associadas à presença da estrada em suas proximidades, sendo que a mesma responsável por uma série de impactos observados no interior do parque como: deposição de lixo arremessado dos carros nas canaletas de drenagem, a possibilidade de propagação de incêndios originados pelo arremesso de cigarros acesos e a possibilidade de atropelamentos de visitantes e da fauna silvestre.

As áreas de médio risco estão próximas a estradas e a infraestrutura, principalmente nas bordas da unidade, confirmando, o risco relativo às estradas e demonstrando que a presença de infraestrutura analisada em conjunto com outros fatores tem influência expressiva na análise de risco decorrente da ação antrópica.

O mapa também apresenta faixas de médio a baixo e baixo risco, essas são caracterizadas pelos dados de pressão antrópica. Essas faixas apresentam forte interferência de eventos ocorridos no entorno do parque como a presença de condomínios, a urbanização, áreas de antigas atividades econômicas impactantes, mineração, lixo entre outros. É importante ressaltar que as informações referentes à pressão são as únicas de representação zonal neste mapa, dessa forma, é possível que ocorra áreas onde não há cruzamento desses com outros

dados justificando, a inserção dessas informações em áreas de baixa classificação (baixo e médio a baixo risc).

4.3 Mapa de fragilidade ambiental natural

O mapa de fragilidade ambiental natural foi elaborado a partir das variáveis geologia, declividade, cobertura vegetal e uso do solo, proximidade de curso d'água e nascentes.

As notas foram estabelecidas de acordo com o conhecimento de especialistas que atribuíram valores maiores para os dados mais frágeis e menores para os menos frágeis. Das variáveis apresentadas nesse mapa a geologia foi a que apresentou maior resistência de resposta dos especialistas visto que, devido à escala do mapa há um detalhamento de litologias que não pode ser compreendido por todos os especialistas.

Os pesos foram estabelecidos segundo a seguinte hierarquia 20% geologia, 25% declividade, 15% proximidade de cursos d'água, 25% cobertura vegetal e uso do solo, 15% proximidade de nascentes.

A Tabela 3 apresenta as médias calculadas para as notas das variáveis do mapa de fragilidade ambiental natural.

Tabela 3- Notas e pesos para o Mapa de Fragilidade Ambiental Natural

Variável	Pesos	Componentes de Legenda	Notas
Geologia	20%	Aluvião: argila	8
		Aluvião: sedimentos lacustres de enchimento de vales	8
		Canga: capeamento limonítico	8
		Canga; formação ferrífera detrítica cimentada por limonita	8
		Clorita xisto, clorita-sericita xisto, filito, grauvaca, quartzito, estaurolita-granada xisto	10
		Cobertura detrito-laterítica: concreções supergênicas de óxidos de ferro e concreções ferruginosas preenchendo fraturas	7
		Conglomerado polímitico	7
		Corpos de minério de hematita	5
		Diabásio	5
		Dolomito, calcário magnesiano; itabirito dolomítico, com filito e quartzito	9
		Eluvião: fragmentos de itabirito em solo ferruginoso	9
		Filito	10
		Filito cinza a marrom	10
		Filito cinza claro	10
		Filito e filito grafitoso	10
		Filito, filito grafitoso, quartzito, quartzito ferruginoso	10
		Gnaisse e granito; migmatito	7
		Itabirito	5
		Itabirito com lentes de hematita compacta e pulverulenta	5
		Itabirito, itabirito dolomítico, dolomito; itabirito ocre na parte superior da formação	5
Quartzito cinza claro, fino a médio; filito síltico cinzento a verde-acinzentado; filito síltico pardo-avermelhado; lentes de conglomerado	7		
Quartzito cinza, granulação média a muito grossa, com lentes de conglomerado e estratificação cruzada	7		

		Quartzito cinza-claro a pardo-avermelhado-claro, granulação média a muito grossa, estratificação cruzada	7
		Quartzito de granulação muito fina	7
		Quartzito de granulação muito fina, cinza-esverdeado a pardo, e quartzito branco	7
		Sericita-clorita-quartzo xisto, sericita-clorita xisto, sericita xisto e xisto carbonoso; formação ferrífera e quartzo-ankerita xisto subordinados	9
		Talco xisto	9
		Xisto e filito dolomítico	9
		Xisto verde e filito metassedimentar e metavulcânico com intercalações de formação ferrífera.	9
Declividades	25%	0 a 10	0
		10 a 20	0
		20 a 30	3
		30 a 45	6
		Acima de 45	10
Proximidades de Nascentes	15%	Até 50 metros	10
		De 50 a 100 metros	7
		De 100 a 150 metros	4
		Maior que 100 metros	2
Proximidade de Recursos Hídricos	15%	Até 30 metros	10
		De 30 a 60 metros	8
		De 60 a 90 metros	4
		Maior que 90 metros	2
Cobertura Vegetal e Cobertura do Solo	25%	Cerrado	4
		Floresta Estacional Semi-Decidual	4
		Savana Gramíneo Lenhosa	7
		Refúgio Ecológico - Canga	7
		Refúgio Ecológico - Quartzito	7
		Áreas Degradadas	10

Para a espacialização dos dados utilizou-se os valores apresentados na Tabela 3 para reclassificar, ponderar e somar pixel a pixel as variáveis. O mapa representado na Figura 9 apresenta a espacialização dos dados.

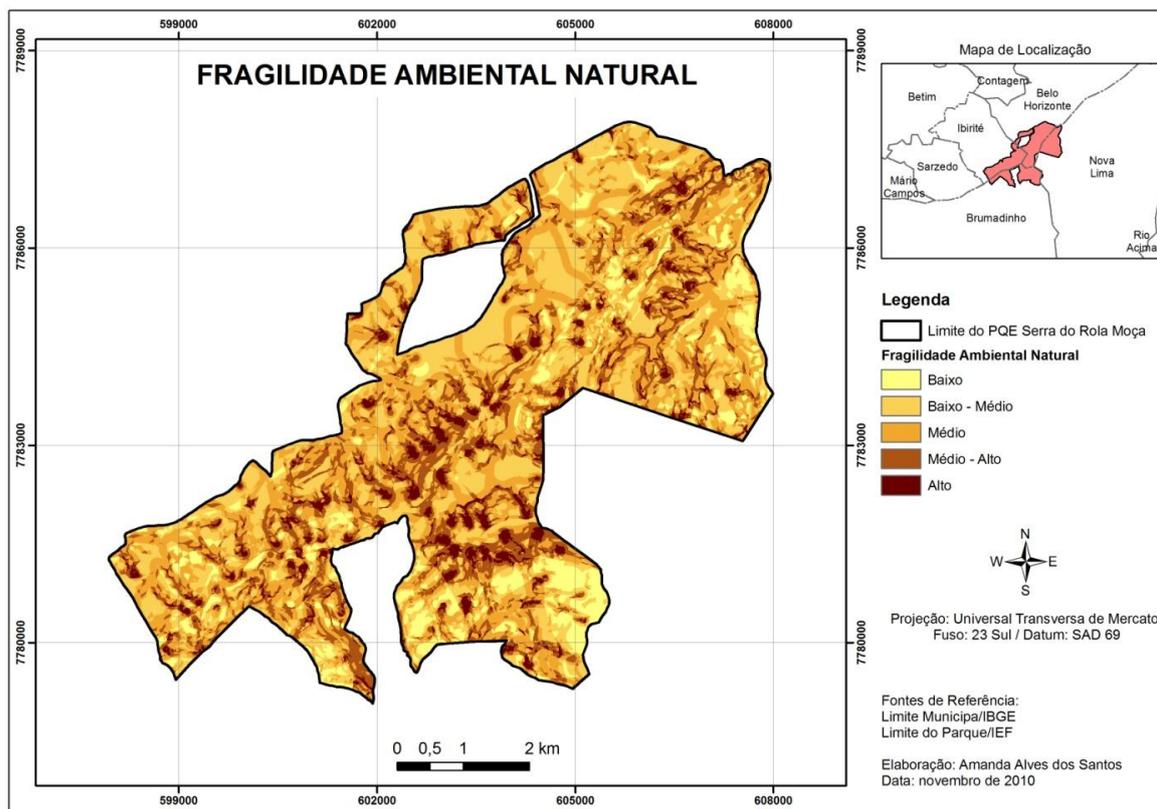


Figura 9 - Mapa de fragilidade ambiental natural

A partir da análise desse mapa é possível observar que o parque apresenta vários pontos de alta fragilidade ambiental natural, principalmente, associado às nascentes e as áreas de altas altitudes e declividades. Esses pontos estão distribuídos na linha de cumeada da serra tendendo a diminuir em quantidade à medida que a declividade diminui.

As áreas de média a alta e média fragilidade ambiental natural também estão bem distribuídas no interior do parque localizando-se principalmente, em áreas de alta declividade e nas proximidades de cursos d'água. Os locais classificados como baixa e média a baixa fragilidade natural estão localizados, principalmente, em áreas de menor declividade e nas proximidades das bordas do parque.

É importante ressaltar que o mapa de Fragilidade Ambiental Natural apresenta espacialmente áreas com alto valor ambiental e características naturais de extrema relevância indicando a importância da existência de uma unidade de conservação naquela área.

4.4 Mapa de fragilidade ambiental

O mapa de fragilidade ambiental é o resultado de uma sobreposição ponderada dos três mapas anteriores. Através dele foi possível obter uma análise integrada das áreas de fragilidade ambiental do Parque Estadual da Serra do Rola Moça.

A ponderação foi realizada através do conhecimento de especialistas que hierarquizaram as variáveis da seguinte forma: 60% para Fragilidade Ambiental Natural, 20% para Risco Decorrente da Ação Antrópica e 20% para Risco Decorrente do Turismo.

O mapa representado na Figura 10 apresenta a espacialização dos dados.

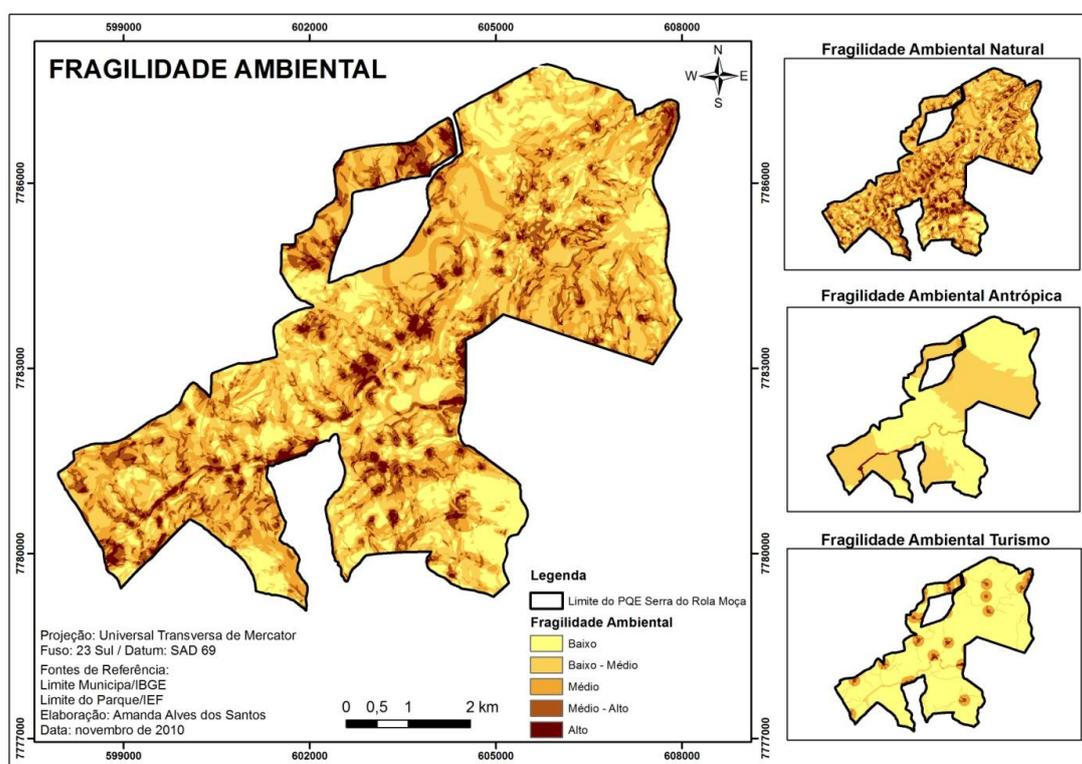


Figura 10– Mapa de fragilidade ambiental.

Através da análise desse mapa é possível observar que a maior parte do parque apresenta faixas de fragilidade variando de alta a média, o que novamente demonstra a importância de proteção de toda a unidade de conservação. Apesar disso, é importante destacar que há uma grande quantidade de áreas de alta fragilidade distribuídas por toda unidade, essas devem ser levadas em consideração pelos gestores do Parque para haja ações de manejo direcionadas evitando a sua degradação. Elas estão localizadas, principalmente, nas bordas do parque, próximo ao contato deste com áreas urbanas, na estrada interna, nas nascentes, nos pontos de maiores declividades e nas áreas próximas a atrativos turísticos.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos através do modelo proposto para identificação das áreas de fragilidade ambiental do Parque Estadual da Serra do Rola Moça permite algumas considerações.

Os mapas obtidos são resultado das variáveis selecionadas e da ponderação realizada pelos pesquisadores. Como as variáveis utilizadas foram elaboradas para o plano de manejo é possível que para uma análise mais completa de fragilidade ambiental, seja necessário a utilização de outras variáveis, entretanto através desse modelo foi possível identificar e espacializar áreas de extrema importância para a conservação do Parque.

Os mapas de fragilidade ambiental natural e risco decorrente do turismo apresentaram resultado satisfatório diante da realidade do parque, já o mapa de risco decorrente da ação antrópica não apresentou uma variável que fosse capaz de representar a influência do entorno no interior e principalmente, nas bordas do parque. Essa deficiência ocorreu devido à falta desse tipo de informação no plano de manejo e por causa da impossibilidade de mensurar esses dados sem a realização de trabalho de campo. A ausência desse dado teve influência significativa no mapa de fragilidade ambiental, que apresentou áreas próximas a locais urbanizados classificadas como de baixa fragilidade.

Outro ponto a ser discutido é a elaboração do questionário. A variável geologia apresentou grande nível de detalhe o que dificultou e algumas vezes impossibilitou que especialistas de outras áreas pudessem responder a essas questões, sendo necessário, para calcular a média das notas de geologia utilizar um número de pesquisadores menor do que para as outras análises. É importante destacar também, que o formato do questionário para a ponderação das variáveis através de pesos e notas foi de fácil compreensão pelos especialistas, principalmente, por ser um tema conhecido e um local onde a maioria desses já havia realizado pesquisas. Apesar disso, os resultados obtidos pelo DELPHI são simplificados não apenas pelo número de especialistas, como também pela aplicação dos questionários apenas no momento de ponderação das variáveis.

Por fim, resta dizer que um modelo de fragilidade ambiental poderia apresentar diversas variáveis que não foram contempladas por esse estudo, entretanto, o modelo apresentado tem sua importância fundamentada no fato de utilizar uma série de dados já coletados com

o objetivo de proteção e gestão de uma unidade de conservação e realizar uma análise capaz de integrar fatores relacionados ao meio físico, ao turismo e a ação antrópica propiciando uma leitura da paisagem no seu sentido mais amplo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, C. C.; CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S.; CREPANI, E.; NOVO, E. M. M.; CORDEIRO, J. P. C. **Operadores zonais em álgebra de mapas e suas aplicações a zoneamento ecológico-econômico**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1998, Santos. Anais IX. São José dos Campos: INPE, 1998, p. 487-500. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/papers/sbsr98.pdf>. Acesso em: novembro/2010

BOAS, V. L. C.; (Ed.). **Modelo multicritérios de apoio à decisão aplicado ao uso múltiplo de reservatórios: estudo da barragem do ribeirão João Leite**. Dissertação (Mestrado em Economia - Gestão Econômica do Meio Ambiente)-Departamento de Economia, Universidade de Brasília – UNB, Brasília, 2006. 158p.

BRASIL. Lei n 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

BRASIL. Lei n 14.309, de 19 de junho de 2002. Dispõe sobre as políticas florestais e de proteção à biodiversidade no Estado.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Ed.). **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. 344p. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>. Acesso: maio/2010.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M.; DAVIS, C.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G. R. (ED) **Banco de dados geográficos**. Curitiba: MundoGEO, 2005. 506p. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/bdados/capitulos.html>. Acesso em: outubro/2010.

CHRISTOFOLETTI, A.. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 236p.

DRUMMOND, G. M....(et al); Fundação Biodiversitas. **Biodiversidade em Minas Gerais**. 2. ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005. 222p.

DRUMMOND, G.M.(et al); Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra do Rola Moça, Incluindo a Estação Ecológica de Fechos. 1.ed. Belo Horizonte. Fundação Biodiversitas, 2007.

GONÇALVES, R. W.; PINHEIRO, P. R.; FREITAS, M. A. S. **Métodos multicritérios como auxílio à tomada de decisão na bacia hidrográfica do rio Curu - Estado do Ceará**. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba: ABRH, 2003. Disponível em:

http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/arquivos/20100310180445_M_E9todos_20multicrit_E9rios.pdf. Acesso em: 15 setembro/2010.

MINAS GERAIS. Decreto-Lei 14.309 de junho de 2002. Dispõe sobre as Políticas Florestal e de Proteção à Biodiversidade no Estado.

MOURA, A. C. M. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. 2. ed. Belo Horizonte: A autora, 2005. 272p.

_____. **Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseado em análise de multicritérios**. In: Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis – SC, Brasil, 2007. v.1, p. 2899-2906.

SILVA, J. X; ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento e análise ambiental:** aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, c2004. 363p.

SOARES-FILHO, B. S. **Modelagem de dados espaciais.** In: Curso de especialização: textos didáticos e monografias. v.1, n.3, Belo Horizonte, 2000.

WRIGHT, J. T. C.; GIOVINAZZO, R. A.. **DELPHI:** uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. Caderno de pesquisas em administração, São Paulo. V.01, nº12, 2º trim/2000. Disponível em: <<http://www.iea.usp.br/tematicas/futuro/projeto/delphi.pdf>>. Acesso em: 10 setembro/2010.

A APÊNDICE A – MODELO DOS QUESTIONÁRIOS APLICADOS

A.1 Questionário: Mapa de Fragilidade Ambiental Natural

Variável	Pesos	Componentes de Legenda	Notas
Geologia		Aluvião: argila	
		Aluvião: sedimentos lacustres de enchimento de vales	
		Canga: capeamento limonítico	
		Canga; formação ferrífera detrítica cimentada por limonita	
		Clorita xisto, clorita-sericita xisto, filito, grauvaca, quartzito, estaurolita-granada xisto	
		Cobertura detrito-laterítica: concreções supergênicas de óxidos de ferro e concreções ferruginosas preenchendo fraturas	
		Conglomerado polímitico	
		Corpos de minério de hematita	
		Diabásio	
		Dolomito, calcário magnesiano; itabirito dolomítico, com filito e quartzito	
		Eluvião: fragmentos de itabirito em solo ferruginoso	
		Filito	
		Filito cinza a marrom	
		Filito cinza claro	
		Filito e filito grafitoso	
		Filito, filito grafitoso, quartzito, quartzito ferruginoso	
		Gnaisse e granito; migmatito	
		Itabirito	
		Itabirito com lentes de hematita compacta e pulverulenta	
		Itabirito, itabirito dolomítico, dolomito; itabirito ocre na parte superior da formação	
		Quartzito cinza claro, fino a médio; filito síltico cinzento a verde-acinzentado; filito síltico pardo-avermelhado; lentes de gonglomerado	
		Quartzito cinza, granulação média a muito grossa, com lentes de conglomerado e estratificação cruzada	
		Quartzito cinza-claro a pardo-avermelhado-claro, granulação média a muito grossa, estratificação cruzada	
		Quartzito de granulação muito fina	
Quartzito de granulação muito fina, cinza-esverdeado a pardo, e quartzito branco			
Sericita-clorita-quartzo xisto, sericita-clorita xisto, sericita xisto e xisto carbonoso; formação ferrífera e quartzo-ankerita xisto subordinados			
Talco xisto			
Xisto e filito dolomítico			
Xisto verde e filito metassedimentar e metavulcânico com intercalações de formação ferrífera			
Declividades		0 a 10	
		10 a 20	
		20 a 30	
		30 a 45	
		Acima de 45	
Proximidades de Nascentes		Até 50 metros	
		De 50 a 100 metros	
		Maior que 100 metros	
Proximidade de Recursos Hídricos		Até 30 metros	
		De 30 a 60 metros	
		De 60 a 90 metros	
		Maior que 90 metros	
Cobertura Vegetal e Cobertura do Solo		Cerrado	
		Floresta Estacional Semi-Decidual	
		Savana Gramíneo Lenhosa	
		Refúgio Ecológico - Canga	
		Refúgio Ecológico - Quartzito	
Áreas Degradadas			

A.2 Questionário: Mapa de Risco Ambiental decorrente da Ação Antrópica

Temas	Pesos	Componentes de Legenda	Notas
Proximidade de estradas		De 0 a 15 metros	
		De 15 a 30 metros	
		De 30 a 45 metros	
		Acima de 45 metros	
Proximidade de infraestrutura		De 0 a 100 metros	
		De 100 a 200 metros	
		De 200 a 300 metros	
		Maior que 300 metros	
Pressão antrópica		Alta	
		Média	
		Baixa	

A.3 Questionário: Mapa de Risco Ambiental decorrente do Turismo

Temas	Pesos	Componentes de Legenda	Notas
Trilhas		De 0 a 5 metros	
		De 5 a 10 metros	
		De 10 a 15 metros	
		Maior 15 metros	
Proximidade de atrativos		De 0 a 100 metros	
		De 100 a 200 metros	
		De 200 a 300 metros	
		Maior que 300 metros	
Proximidade de Infraestrutura		De 0 a 100 metros	
		De 100 a 200 metros	
		De 200 a 300 metros	
		Maior que 300 metros	