

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA**

**AVALIAÇÃO DE ASPECTOS DA FRAGILIDADE AMBIENTAL  
PARA O ECOTURISMO NO ENTORNO DA REPRESA DO 29-  
SÃO CARLOS-SP**

Maurício Sanches Duarte Silva

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Urbana da  
Universidade Federal de São Carlos, como  
parte dos requisitos para a obtenção do título de  
Mestre em Engenharia Urbana.  
Orientação: Prof. Dr. Adail Ricardo Leister Gonçalves

São Carlos  
2007

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

S586aa

Silva, Maurício Sanches Duarte.

Avaliação de aspectos da fragilidade ambiental para o ecoturismo no entorno da Represa do 29-São Carlos-SP / Maurício Sanches Duarte Silva. -- São Carlos : UFSCar, 2009.  
80 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2007.

1. Planejamento urbano. 2. Sistemas de informação geográfica. 3. Geoprocessamento. 4. Fuzzy logic. 5. Ecoturismo. 6. Planejamento para áreas específicas. I. Título.

CDD: 711 (20<sup>a</sup>)



## FOLHA DE APROVAÇÃO

MAURICIO SANCHES DUARTE SILVA

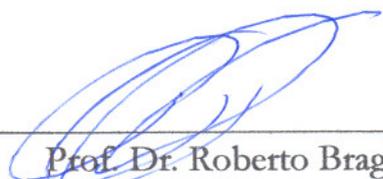
Dissertação defendida e aprovada em 20/11/2007  
pela Comissão Julgadora

---



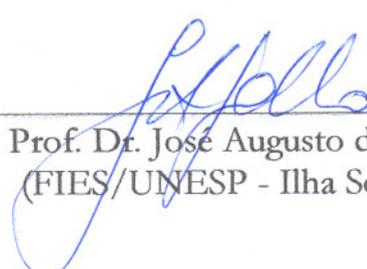
Prof. Dr. Adail Ricardo Leister Gonçalves  
Orientador (DECiv/UFSCar)

---



Prof. Dr. Roberto Braga  
(IGCE/UNESP - Rio Claro)

---



Prof. Dr. José Augusto de Lollo  
(FIES/UNESP - Ilha Solteira)

---



Prof. Dr. Archimedes Azevedo Raia Jr.  
Presidente da CPGEU

Dedico este trabalho ao meu pai

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me proporcionar esta e outras oportunidades de aprendizado;

Aos meus pais pelo apoio, pela compreensão e principalmente pelo incentivo para que eu concluísse mais essa etapa dos meus estudos;

À Andréa, pelo carinho incondicional, pela paciência e pela motivação que me faz tentar ser uma pessoa melhor a cada dia;

Ao meu orientador, professor Adail, pela oportunidade de desenvolver esta pesquisa;

Aos professores do PPGEU, com os quais tive a oportunidade de expandir meus conhecimentos na área da Engenharia Urbana;

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Civil, principalmente à secretária Sonia Guimarães, pela ajuda nos trâmites necessários;

A todos os colegas de mestrado, pela boa convivência e pela troca de conhecimento e experiência;

Finalmente, agradeço o apoio financeiro do CAPES para a realização desta pesquisa.

## RESUMO

O objetivo principal dessa pesquisa é descrever uma metodologia para análise dos impactos ambientais acarretados por atividades de ecoturismo, que possa ser facilmente utilizada por turismólogos e gestores de turismo. A metodologia descrita utiliza avaliação multi-critério, com base na lógica *fuzzy*, em conjunto com um Sistema de Informações Geográficas (SPRING) para tratar as informações relativas às variáveis características de uma área que podem influenciar em sua adequação para ecoturismo. A seleção das variáveis a serem incorporadas ao modelo para a avaliação dos impactos foi baseada na bibliografia consultada e são as mais utilizadas em estudos de impacto ambiental, incluindo: características topográficas (declividade), características pedológicas (tipo de solo), e características da vegetação e uso do solo. Outras variáveis podem ser incluídas na análise se a área que está sendo analisada tiver alguma característica específica que mereça destaque. No estudo de caso, realizado na região da Represa do 29 no município de São Carlos, SP, a metodologia revelou-se bastante satisfatória para o atendimento dos objetivos do trabalho, permitindo a visualização espacial dos resultados expressos pelas classes de adequação.

## **ABSTRACT**

The main objective of this research is to describe a methodology for the analysis of environmental impacts due to ecotourism activities, which can be easily employed by tourism managers and planners. The methodology uses multi-criteria evaluation, based in fuzzy logic, together with a Geographic Information System (SPRING) to treat information related to the variables that characterize an area and can influence its adequacy for ecotourism. The selections of the variables to be incorporated in the model for impacts assessment was based on the bibliography and are the ones most used in environmental impact studies including: topographic characteristics (declivity), pedologic characteristics (type of soil) and vegetation and land use characteristics. Other variables may be included in the analysis if the study area has some specific characteristics that deserve emphasis. In the case study, developed in the “29 Dam” Region, in the city of São Carlos, SP, the methodology proved rather adequate for attaining the research objectives, allowing the spatial visualization of the results, expressed by classes of adequacy.

## LISTA DE QUADROS

---

Quadro 2.1: Problemas Relacionados ao Ecoturismo e o Uso Potencial dos SIGs.....	20
Quadro 3.1: Classes de Fragilidade dos Solos.....	25
Quadro 3.2: Grau de Proteção dos Tipos de Cobertura Vegetal. ....	30
Quadro 3.3: Classes de Uso do Solo e Cobertura Vegetal.(Kawakubo, 2005) .....	30
Quadro 3.4: Classes de Uso do Solo e Cobertura Vegetal (Donha, 2006).....	31
Quadro 3.5: Classes de Uso do Solo e Cobertura Vegetal (Siles, 2003).....	31
Quadro 3.6: Classes de Uso do Solo e Cobertura Vegetal (Brito, 2003). ....	32
Quadro 4.1: Variáveis para Caracterização dos Impactos de Atividades Turísticas. ....	35

## LISTA DE TABELAS

---

Tabela 3.1: Classes de Declividade (Silva 2005) .....	27
Tabela 3.2: Classes de Declividade (Ross, 1994; Silva, 2005). .....	27
Tabela 3.3 Classes de Declividade (Siles, 2003).....	27
Tabela 3.4: Classes de fragilidade (Decanini, 2001).....	28
Tabela 4.1: Escala de Comparação Par a Par. ....	36
Tabela 4.2: Exemplo de Cálculo dos Pesos.....	37
Tabela 4.3: Classes de Adequação das Áreas Quanto ao Tipo de Solo.....	40
Tabela 4.4: Classes de Adequação das Áreas Quanto a Cobertura Vegetal/Usado do Solo	40
Tabela 4.5: Classes de Adequação Final das Áreas.....	42
Tabela 5.1: Percentual de ocorrência das classes de Solo. ....	49
Tabela 5.2: Percentual de ocorrência das classes de Cobertura Vegetal / Usado do Solo. ....	50

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 2.1: Dimensões do Turismo Sustentável.....	6
Figura 2.2: Inter-relações dos Impactos de Atividades Turísticas em Áreas Naturais.....	12
Figura 4.1: Função de Pertinência para a Variável "Declividade".....	39
Figura 4.2: Função de Pertinência para a Variável "Distância dos Corpos d'água".....	42
Figura 5.1: Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão dos Negros.....	43
Figura 5.2: Detalhe da Área de Estudo com as Principais Vias de Acesso.....	44
Figura 5.3: Ribeirão dos Negros e ao fundo a Represa do 29.....	45
Figura 5.4: Represa do 29 e ao fundo uma área de preservação com mata nativa.....	45
Figura 5.5: Área de recreação da represa junto a uma área de cerrado.....	45
Figura 5.6: Represa e área de mata nativa.....	46
Figura 5.7: Mapa de declividades.....	47
Figura 5.8: Mapa Pedológico.....	48
Figura 5.9: Mapa da Cobertura Vegetal / Uso do Solo.....	50
Figura 5.10: Mapa da declividade fuzzy.....	51
Figura 5.11: Mapa da pedologia fuzzy.....	52
Figura 5.12: Mapa da cobertura vegetal e uso do solo fuzzy.....	53
Figura 5.13: Mapa fuzzy de adequação da área para atividades ecoturísticas.....	54
Figura 5.14: Mapa temático de adequação da área para atividades ecoturísticas.....	55

# SUMÁRIO

---

<b>CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVO .....	3
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	3
<b>CAPÍTULO 2: O ECOTURISMO E SEUS IMPACTOS NO AMBIENTE .....</b>	<b>4</b>
2.1 ECOTURISMO.....	6
2.2 OS IMPACTOS DO ECOTURISMO NO AMBIENTE .....	8
2.2.1 <i>Estudos que Tratam dos Impactos de Atividades Turísticas em Áreas Naturais</i> .....	11
2.3 AS ÁREAS DE PRESEVAÇÃO PERMANENTE .....	15
2.4 UTILIZAÇÃO DOS SIGS PARA ESTUDOS DE ECOTURISMO.....	17
<b>CAPÍTULO 3: FATORES AMBIENTAIS QUE CONTRIBUEM PARA OS IMPACTOS DAS ATIVIDADES TURÍSTICAS EM ÁREAS NATURAIS.....</b>	<b>21</b>
3.1 CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS .....	22
3.1.1 <i>Classificação e Nomenclatura dos Solos</i> .....	23
3.2 CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS .....	25
3.3 CARACTERÍSTICAS DE USO DA TERRA E DA COBERTURA VEGETAL.....	28
3.3.1 <i>Classes de Fragilidade em Função do Tipo de Uso do Solo e Cobertura Vegetal</i> .....	29
<b>CAPÍTULO 4: PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>33</b>
4.1 SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS .....	34
4.2 DEFINIÇÃO DO PESO DAS VARIÁVEIS .....	35
4.2.1 <i>Método AHP (Analytic Hierarquy Process)</i> .....	35
4.2.2 <i>Método Delphi</i> .....	35
4.2.3 <i>Método de Comparação aos Pares com Distribuição de Soma Constante</i> .....	37
4.3 NORMALIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS .....	37
4.3.1 <i>Declividade</i> .....	39
4.3.2 <i>Tipo de Solo</i> .....	40
4.3.3 <i>Cobertura Vegetal / Uso do Solo</i> .....	40
4.4 AGREGAÇÃO DAS VARIÁVEIS.....	41
4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	41
<b>CAPÍTULO 5: ESTUDO DE CASO: A REGIÃO DA REPRESA DO 29.....</b>	<b>43</b>
5.1 A REGIÃO DA REPRESA DO 29.....	44
5.2 ELABORAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS .....	46
5.2.1 <i>Mapa da Declividade</i> .....	46

5.2.2 <i>Mapa Pedológico</i> .....	48
5.2.3 <i>Mapa de Cobertura Vegetal e Uso do Solo</i> .....	49
5.3 ELABORAÇÃO DOS MAPAS <i>FUZZY</i> .....	51
5.4 ELABORAÇÃO DO MAPA DE ADEQUAÇÃO DA ÁREA.....	53
5.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	55
<b>CAPÍTULO 6: CONCLUSÕES</b> .....	<b>57</b>
6.1 COM RELAÇÃO À METODOLOGIA DESCRITA .....	57
6.2 COM RELAÇÃO AO ESTUDO DE CASO .....	58
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>59</b>
<b>BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR</b> .....	<b>65</b>
<b>APÊNDICE 1 CARTAS BÁSICAS UTILIZADAS</b> .....	<b>68</b>
<b>APÊNDICE 2 ETAPAS PARA OBTENÇÃO DOS MAPAS E ROTINAS NA LINGUAGEM LEGAL DO SPRING 4.3.2</b> .....	<b>74</b>

## 1. INTRODUÇÃO

---

O século XX testemunhou um crescimento substancial no turismo de natureza, fazendo com que, atualmente, este tipo de atividade seja um fenômeno mundial com significativas implicações econômicas, ambientais e sócio-culturais (LEUNG, 1998).

O turismo de natureza pode ser definido como qualquer turismo feito no ambiente natural. Incluem-se nesta categoria tanto o turismo baseado na conservação e mínimo impacto ambiental, como também o turismo convencional e de massa que não considera os aspectos de conservação ambiental (Galvão, 2004).

O ecoturismo consiste na realização de viagens ambientalmente responsáveis com visitas a áreas naturais relativamente sem distúrbios, para desfrutar e apreciar a natureza e as manifestações culturais, passadas ou atuais, promovendo ao mesmo tempo a conservação e contribuindo para o desenvolvimento sócio-econômico das populações locais (EMBRATUR, 2002).

O documento denominado “Turismo no Brasil 2007/2010”, que analisa as perspectivas de desenvolvimento da atividade no país para os próximos anos, prevê que o turismo possui grande potencial de expansão na economia e que pode gerar ampla externalidade positiva para a economia como um todo. Em particular, o turismo, por ser um setor intensivo em mão-de-obra, pode contribuir para geração e distribuição de renda e geração de emprego no País (MTur, 2006).

As áreas protegidas ganharam valor social e ecológico porque apresentam oportunidades de lazer em contato com a natureza e também porque permitem que ecossistemas naturais relativamente preservados sejam mantidos sem alteração significativa. Infelizmente, estes dois crescimentos paralelos estão geralmente em conflito quando áreas protegidas se tornam ponto de atração de grandes fluxos de turistas.

No Brasil os problemas com os impactos da visitação existentes em grande parte das áreas abertas ao uso público não são sequer tratados. A limitação de recursos, equipamentos e, principalmente pessoal, é uma constante. O ecoturismo, em especial, se não

for bem planejado, pode gerar mais impactos do que qualquer outro segmento do turismo, pelo fato de ocorrer, frequentemente, em locais muito especiais, ecológica ou socialmente frágeis, com limitada capacidade de suportar fortes pressões (CÉSAR, 2007).

A tensão entre o turismo e a preservação da natureza se manifesta na forma de vários danos ao ambiente. O acúmulo de lixo, o desmatamento excessivo, a compactação do solo e a erosão são realidades inerentes à utilização dos recursos turísticos naturais.

A visitação em áreas naturais, motivada pelo desejo de estar em contato com a natureza e/ou admirar belezas cênicas é uma prática bastante antiga. Com o desenvolvimento do automóvel, a melhoria das estradas e do padrão de vida da população e também a maior disponibilidade de tempo, esta atividade tem aumentado de forma surpreendente.

O relevante crescimento do turismo em áreas naturais relaciona-se a dois fatores principais: a necessidade de visitar um espaço fora da situação caótica urbana e o surgimento e o fortalecimento de uma valorização ambiental. Entretanto, a atividade ecoturística necessita da implementação de uma série de elementos, como as trilhas, as quais favorecem a aproximação das pessoas com a natureza de maneira organizada e segura (MAGANHOTTO, 2007).

Segundo a EMBRATUR (1994), as trilhas são corredores de circulação bem definidos dentro da área protegida e através dos quais os visitantes são conduzidos a locais de grande beleza natural para observação da natureza. Porém, se mal planejadas, poderão resultar em problemas de maior amplitude como compactação e erosão dos solos, assoreamento dos rios, degradação da vegetação, entre outros.

Considerando a necessidade de suporte desta demanda e a escassez de informações básicas para o adequado manejo dessas áreas, o maior desafio dos administradores e planejadores tem sido o de como garantir a conservação da qualidade natural desses espaços em decorrência do grande número de visitas, sem que a sustentabilidade dessas áreas seja comprometida.

Uma das ferramentas que tem se mostrado muito útil em estudos de impacto ambiental são os Sistemas de Informações Geográficas. Estes sistemas permitem a realização de análises complexas, integrando dados das mais variadas fontes e formatos em um mesmo sistema georreferenciado.

Neste contexto, esta pesquisa pretende contribuir para a difusão dos conhecimentos sobre fragilidade ambiental e os métodos para sua avaliação entre os estudiosos da área de Turismo.

Além da descrição do procedimento metodológico proposto, apresenta-se também um Estudo de Caso que teve como objeto a área da Represa do 29 localizada no município de São Carlos, SP.

Considerando que o pressuposto básico do trabalho é que ele seja utilizado por turismólogos, o texto inclui as informações básicas sobre os impactos ambientais, a fragilidade das áreas e a variáveis que devem ser analisadas.

## **1.1 OBJETIVO**

O objetivo desta pesquisa é descrever um procedimento metodológico, utilizando um Sistema de Informações Geográficas, para avaliar e mapear os locais de acordo com sua adequação para a implantação de atividades ecoturísticas em uma área natural.

## **1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO**

Esta dissertação está estruturada em 6 Capítulos e um Apêndice, além deste capítulo inicial.

O Capítulo 2 traz uma breve revisão bibliográfica sobre o ecoturismo e seus impactos no ambiente. O Capítulo 3 aborda os fatores ambientais que contribuem para os impactos das atividades turísticas em áreas naturais. No Capítulo 4, descreve-se o detalhamento da proposta metodológica aplicada ao estudo. O Capítulo 5 aborda o estudo de caso realizado na Área de Represa do 29 em São Carlos, SP. O Capítulo 6 apresenta as conclusões sobre o trabalho realizado. No Capítulo 7 são listadas as referências bibliográficas que subsidiaram o desenvolvimento da pesquisa.

O Apêndice 1 apresenta as cartas básicas utilizadas. O Apêndice 2 apresenta as etapas para obtenção dos mapas e as rotinas na linguagem Legal do SPRING 4.3.2, utilizadas para a manipulação dos mapas.

## **2. O ECOTURISMO E SEUS IMPACTOS NO AMBIENTE**

---

Segundo a OMT (Organização Mundial do Turismo), o turismo é um conjunto de atividades e serviços relacionados aos deslocamentos, transportes, alojamentos, alimentação, visitas, lazer e entretenimento realizados por qualquer indivíduo fora do seu local de origem, com mais de 24 horas de duração e com uma finalidade qualquer não remunerada. As atividades turísticas geram, assim, múltiplas inter-relações de importância social, econômica e cultural.

No entanto, embora o turismo se constitua em um enorme gerador de riquezas, é, ao mesmo tempo, uma força de agressão à natureza, às culturas, aos territórios e às sociedades. A atividade turística, por seu caráter econômico, não pode ser considerada “boa” ou “má”, nem mesmo como uma atividade que de um lado poderia respeitar a natureza ou de outro, destruí-la (RUSCHMANN, 1997).

O conceito de turismo sustentável é relativamente novo, pois o início de sua discussão data dos anos 90. Contudo, sua base teórica está relacionada ao conceito mais amplo de desenvolvimento sustentável, oriundo da Comissão Brundtland, em 1987.

O desenvolvimento sustentável do turismo considera que as necessidades dos turistas atuais serão atendidas, sem comprometer a possibilidade do usufruto dos recursos pelas gerações futuras (RUSCHMANN, 1997).

Segundo Hall (2001), turismo sustentável pode ser definido como: aquele que é desenvolvido e mantido em uma área (comunidade, ambiente) de maneira que, em uma determinada escala, se mantenha viável pelo maior tempo possível, não degradando ou alterando o meio ambiente de que usufrui (natural e cultural), não interferindo no desenvolvimento de outras atividades e processos, não degradando a qualidade de vida da população envolvida, mas pelo contrário servindo de base para uma diversificação da economia local.

O turismo sustentável garante e assegura os diferenciais turísticos, o processo racional de exploração dos recursos ambientais naturais, histórico-culturais e parques temáticos artificiais. Ainda existe a preocupação com a ocupação espacial, com a preservação das características originais, e, após o tombamento do patrimônio histórico, com a conservação da

integridade patrimonial e cultural. Mesmo que haja alterações estruturais de adaptação e funcionamento, são mantidos a arquitetura da época e os elementos culturais (RUSCHMANN, 1991, CLAVÊ, 1992, GOMEZ et al, 1993, VENTURINI, 1998).

A OMT (Organização Mundial do Turismo) estabelece três princípios vitais a serem considerados em relação ao desenvolvimento do turismo sustentável (OMT, 1994):

- a) **Sustentabilidade do ambiente:** assegura a compatibilidade do desenvolvimento do turismo com a manutenção dos processos ecológicos essenciais, como também, a diversidade e recursos biológicos;
- b) **Sustentabilidade social e cultural:** assegura que o desenvolvimento do turismo aumenta o controle das pessoas sobre as suas vidas, é compatível com a cultura e os valores morais do povo por ele afetado e mantém e fortalece a identidade da comunidade;
- c) **Sustentabilidade econômica:** assegura o desenvolvimento do turismo como economicamente eficaz e que os recursos sejam geridos de modo a suportar as gerações futuras.

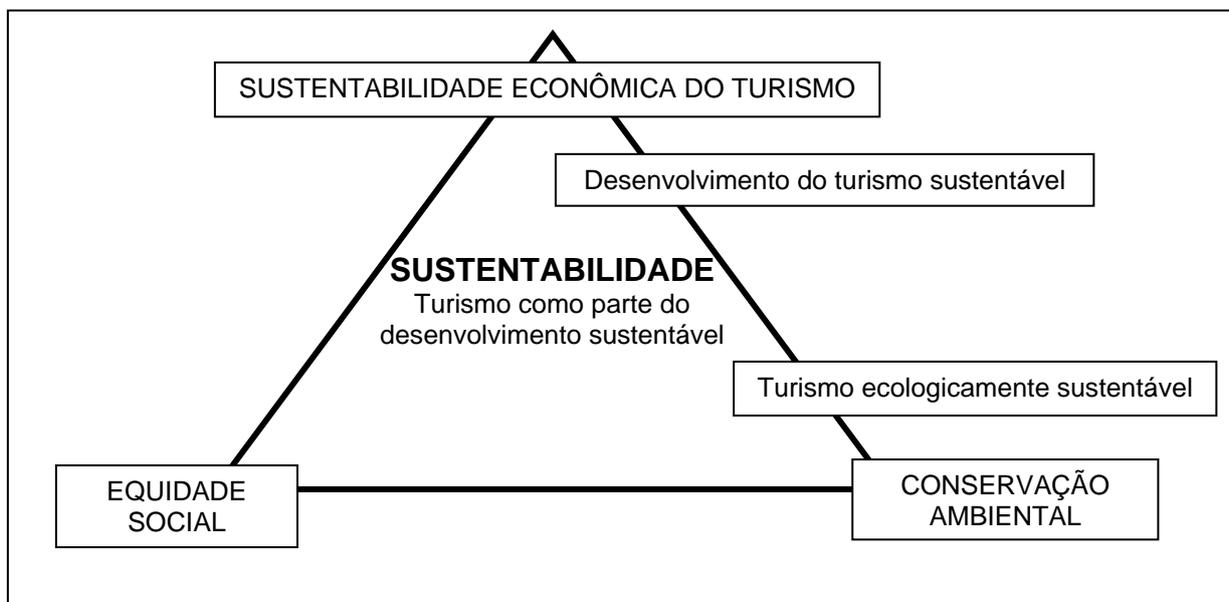
Adotando estes conceitos, em 1994 o então Ministério da Indústria, do Comércio e do Turismo (MICT), através da EMBRATUR, lançou o turismo sustentável, como um modelo de desenvolvimento econômico para o Brasil, concebido para assegurar a qualidade de vida da comunidade; proporcionar satisfação ao turista; e manter a qualidade do ambiente do qual depende, tanto a comunidade como o turista.

Desta forma, a expansão das atividades de turismo deve se limitar à capacidade de suporte do ambiente natural e urbano que recebe os visitantes, no sentido de que o desenvolvimento do turismo ocorra com conservação ou preservação do meio ambiente, quer seja do ponto de vista físico como do sócio-cultural, de forma a proporcionar e garantir qualidade de vida, como também, assegurar a sobrevivência do turismo como atividade econômica com foco no longo prazo.

Neste sentido, as bases do turismo sustentável, essenciais para o seu desenvolvimento são quatro: a conservação do meio ambiente, a preservação e recuperação do meio urbano, a formação profissional e a conscientização da população para a importância do turismo (PETROCCHI, 1998).

Pode-se verificar que a definição do conceito de turismo sustentável é algo bastante amplo e complexo, devido, principalmente, ao fato de que não existem pesquisas e práticas

suficientes nesta área. Sendo assim fica difícil definir mais precisamente este conceito. Embora ainda não se saiba exatamente quais são as formas mais sustentáveis de turismo, admite-se que o turismo sustentável possui três dimensões: sustentabilidade econômica, equidade social e conservação ambiental. (Figura 2.1).



**Figura 2.1** – Dimensões do turismo sustentável (Adaptado de OMT, 1994)

Para garantir a sustentabilidade das atividades recreativas, devem-se considerar os impactos nos aspectos ecológicos, sociais e econômicos. É necessário conhecer a natureza destes impactos e os fatores relacionados à sua ocorrência. O problema é que, em geral, não se tem uma noção clara de sua abrangência, ainda mais em ambientes brasileiros em que os estudos e discussões sobre este assunto são muito recentes (TAKAHASHI et al, 1997b).

## 2.1. ECOTURISMO

O conceito de ecoturismo surgiu nos anos 80, mas suas origens têm raízes no turismo praticado ao ar livre pelos primeiros visitantes dos Parques Nacionais americanos, no século XIX (WESTERN, 1997; RUSCHMANN, 1997).

Trata-se de uma atividade turística desenvolvida em áreas naturais em que o visitante procura algum aprendizado sobre os componentes do local visitado. Safáris fotográficos, estudos do meio e observação da fauna são algumas das possibilidades que o ecoturismo oferece. É baseado, assim, em atrativos naturais variados como cachoeiras, rios,

lagos, grutas, montanhas, fauna e flora. Necessita, portanto, de um ambiente pouco alterado pelo homem para suas práticas.

Foi no final do século XX que o Ecoturismo passou a ser visto como possibilidade de proporcionar benefícios tanto para a natureza quanto para a sociedade (as pessoas que trabalham com o turismo, assim como as comunidades moradoras de locais turísticos). Esses benefícios foram evidenciados após a conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente na cidade do Rio de Janeiro em 1992 (Rio-92). Nessa conferência, consolidou-se o termo desenvolvimento sustentável (CÉSAR, 2007).

Em linhas gerais, o conceito de sustentabilidade indica diretrizes sobre o modo como os seres humanos enxergam e se relacionam com a natureza. Isso acabou por estimular o interesse global e o grande crescimento do ecoturismo como uma estratégia de desenvolvimento sustentável.

O ecoturismo é um segmento da atividade turística que utiliza, de forma sustentável, o patrimônio natural e cultural, incentiva sua conservação e busca a formação de uma consciência ambientalista através da interpretação do ambiente, promovendo o bem-estar das populações. O mercado do ecoturismo está em expansão no Brasil e no mundo. Estima-se que 50 milhões de pessoas no mundo e meio milhão no Brasil praticam o ecoturismo. O crescimento anual estimado é de 20% no mundo e 10% no Brasil (CÉSAR, 2007).

Há várias definições e interpretações para o termo ecoturismo: turismo suave, turismo alternativo, turismo responsável, turismo da natureza, turismo verde e muitas outras (WALL, 1997; AL-SAYED e AL-LANGAWI, 2003).

No entanto, independentemente da definição adotada, o ecoturismo envolve todas as formas de turismo em que as principais motivações do turista são a observação e a apreciação da natureza, que contribua para sua conservação e que traga o mínimo impacto ao meio ambiente e à herança cultural.

Em geral, o ecoturismo é um turismo em pequena escala, mais ativo, menos espoliativo, com uma infra-estrutura menos sofisticada, empreendido por turistas esclarecidos e conscientes das questões relacionadas à sustentabilidade (ORAMS, 1995).

A EMBRATUR (2002) define duas modalidades ou segmentos associados ao ecoturismo:

- Turismo rural

É o conjunto de atividades turísticas desenvolvidas no meio rural, comprometido com a produção agropecuária, agregando valor a produtos e serviços, resgatando e promovendo o patrimônio cultural e natural da comunidade.

- Turismo de aventura

É o segmento do mercado turístico que promove a prática de atividades de aventura e esporte recreacional ao ar livre, envolvendo emoções e riscos controlados e exigindo o uso de técnicas e equipamentos específicos, a adoção de procedimentos para garantir segurança pessoal e de terceiros e o respeito ao patrimônio ambiental e sociocultural.

## **2.2 OS IMPACTOS DO ECOTURISMO NO AMBIENTE**

O turismo, como atividade humana, causa modificações (positivas ou negativas) nas localidades receptoras. Quanto ao meio ambiente natural, os impactos são, em geral, negativos e irreversíveis (DELUCA et al, 1998).

No entanto, nem sempre é fácil identificar os impactos do turismo porque o ambiente se transforma por si próprio, os impactos podem levar muito tempo para serem percebidos e é difícil estabelecer indicadores que denunciem a ocorrência de alguns impactos (ALAVALAPATI e ADAMOWICZ, 2000).

O ecoturismo, por ocorrer em locais ambientalmente especiais, em geral mais frágeis, evidencia a necessidade de se fixar limites ou estabelecer diretrizes mais claras para ordenar e manejar as atividades de visitação (CIFUENTES, 1992). Esta consideração é igualmente válida para as outras modalidades de turismo que têm como destino áreas naturais. O ideal, no entanto, seria que todas as modalidades de turismo fossem sustentáveis, respeitando os limites de exploração dos eco-sistemas onde se desenvolvem e buscando conhecer, previamente, o ambiente a ser explorado (RODRIGUESa, 1997).

As alterações resultantes das atividades recreativas em áreas naturais têm sido denominadas, genericamente, como impactos ecológicos. Embora o termo impacto seja neutro e, objetivamente, possa fazer referência a mudanças tanto positivas como negativas, neste contexto costuma ser associado às mudanças não desejáveis que acontecem no meio, como consequência do uso (HAMMITT e COLE, 1998).

Segundo Buckley (2003), dois tipos de impactos do ecoturismo podem ser identificados em ambientes naturais: os auto-limitantes e o auto-propagantes.

Alguns tipos de impactos são auto-limitantes, no sentido de que se a fonte dos impactos for removida, seus efeitos se reduzem gradualmente. A escala de tempo para recuperação pode ser de minutos (ruído causado ao longo de uma trilha que afeta os pássaros), de meses (como a introdução de sementes que germina, mas não sobrevive a um período de seca) ou de décadas (como a recuperação da vegetação em uma trilha abandonada).

Outros tipos de impactos são auto-propagantes, no sentido de que, uma vez iniciados pelo turismo, eles continuam a se espalhar, mesmo que a fonte seja removida. Um incêndio iniciado pelo cigarro de um turista ou pela fogueira de um acampamento pode se espalhar muito rapidamente em questão de minutos, horas ou dias. Uma erva daninha ou patogênica introduzida involuntariamente por um automóvel ou por um cavalo, pode se espalhar no ambiente por anos ou décadas. Mesmo um impacto como o lixo pode, algumas vezes se auto-propagar através de um mecanismo social ou psicológico (os turistas tendem a descartar seu lixo em áreas onde já existe lixo).

Para minimizar os impactos das atividades turísticas é necessário o planejamento da visita com base em um zoneamento que atenda um amplo espectro de oportunidades, tanto para a conservação dos recursos como para a satisfação dos usuários (TAKAHASHI et al., 1997). É necessária, também, uma análise dos recursos que estão sendo explorados (no caso de já existir algum tipo de uso) ou podem vir a ser explorados (uso potencial). Para fins recreativos, recurso é qualquer elemento ou atributo presente na área, podendo ser tanto biótico como abiótico, estético, etnográfico, arqueológico ou histórico (NPS, 1997).

As trilhas, caminhos e áreas de acampamento, por exemplo, são elementos de grande importância no contexto do ecoturismo. Nestes locais, os danos causados pela remoção da vegetação devido às caminhadas, provocam vários problemas como, por exemplo, a compactação do solo com conseqüente diminuição da infiltração da água (muitas vezes acentuada pela elevada declividade do local) levando a um aumento de processos erosivos na área (KUSS et al., 1990; COLE, 1994; HAMMITT e COLE, 1998).

Jamel (2007) assinala que são inúmeros os impactos decorrentes do mau uso das trilhas. Entre as principais alterações, destacam-se: a redução da biomassa das plantas e do grau de cobertura do solo, a substituição de espécies menos tolerantes, a compactação do solo, a redução do teor de matéria orgânica, a diminuição da taxa de infiltração e o aumento do escoamento superficial.

Nos ecossistemas florestais a abertura e ampliação das trilhas promovem o surgimento de “bordas internas” à borda principal da floresta, fragmentando o ecossistema e propagando os efeitos de borda para muito além da área da trilha propriamente dita. No entanto, o uso de áreas naturais com atividades ecoturísticas não afeta substancialmente os ecossistemas, pois, na maioria dos casos, ocorre de forma concentrada em algumas áreas como trilhas ou destinações mais populares.

Ao se analisar os efeitos das atividades turísticas em ambientes naturais, dois aspectos devem ser considerados: (1) que a maior parte dos ecossistemas seja mantida sem qualquer distúrbio e (2) que a evidência dos impactos não seja notada pelos visitantes. O primeiro aspecto associa-se à proteção da área e o segundo à proteção da qualidade da experiência dos visitantes. Ambos são importantes, mas a questão principal consiste na manutenção da integridade dos ecossistemas (CÉSAR, 2007).

Bathke (2002) relaciona diversos impactos negativos causados pelo turismo no ambiente natural:

- Degradação da paisagem, devido a construções inadequadas ao lugar;
- Contaminação da água, rios e mares, pelo aumento de esgotos não tratados,
- Mau funcionamento dos sistemas de tratamento, descarga de esgotos de iates de recreio;
- Degradação da fauna e da flora local, por desmatamentos, pesca e caça predatória;
- Redução da população de animais cuja coleta se destina à alimentação dos turistas, como camarão, caranguejo, lagostas;
- Poluição do ar, provocada pelos motores, pela produção e consumo de energia;
- Aumento da geração de resíduos sólidos
- Destruição da paisagem natural, dos sítios históricos, dos monumentos e das áreas agropastoris;
- Assoreamento da costa, com a destruição de recifes, corais, mangues, restingas, dunas, onde se destacam os constantes aterros para aumentar a área urbana.

Hammit e Cole (1998) mostram que para que os impactos advindos do uso recreativo, possam ser mais bem avaliados devem ser compreendidas algumas questões fundamentais, relativas a:

- a) características do distúrbio (tipo, intensidade, duração e frequência);
- b) escala de abordagem (no espaço e no tempo);

- c) níveis afetados (desde o nível de indivíduo e espécie, passando por populações, comunidades e ecossistemas e até mesmo o nível da paisagem);
- d) atributo ou atributos do ecossistema afetados (o distúrbio pode afetar a função, a estrutura, a composição e/ou a dinâmica do ecossistema).

As inter-relações entre os efeitos destes impactos e os recursos naturais são muito complexas. Potencialmente, as atividades recreativas podem afetar o solo, a vegetação, a fauna, os recursos hídricos e, algumas atividades, a geologia e o ar, mesmo que de forma menos direta. A Figura 2.2 mostra de forma simplificada estas inter-relações, indicando se os possíveis impactos são positivos ou negativos.

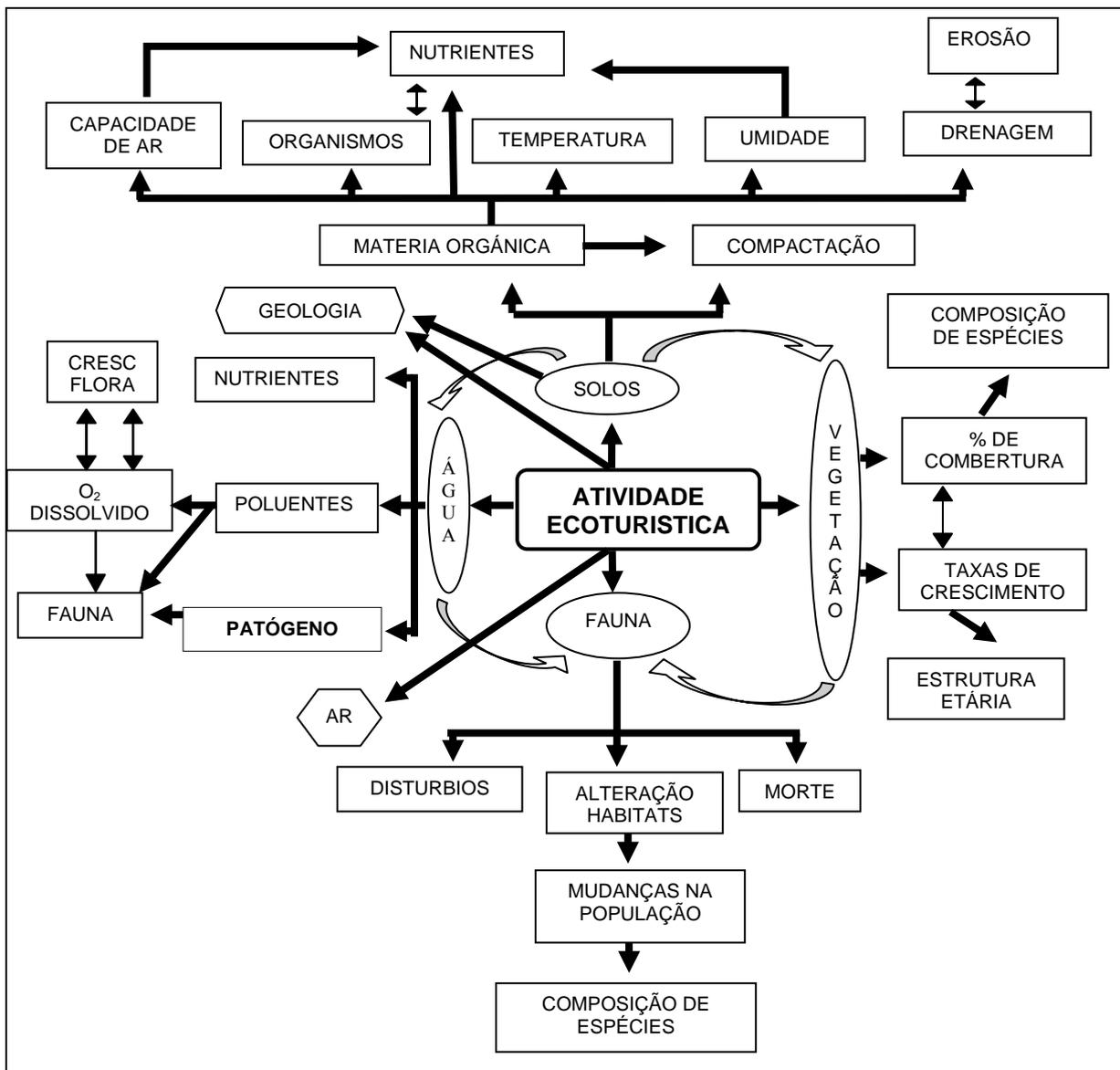
Na estimativa dos impactos das atividades turísticas sobre os ambientes naturais, duas propriedades dos ecossistemas são importantes: a resistência e a resiliência. A resistência se refere à capacidade que uma dada área, ou um dado ecossistema tem para tolerar o uso, podendo ser medida em termos de quantidade de uso que esse lugar pode absorver, antes que qualquer tipo de mudança aconteça. A resiliência é a capacidade de recuperação da área depois do impacto ter acontecido e pode ser medida, por exemplo, como o tempo que o sistema alterado demora em voltar ao estado original após o uso (ODUM, 1997, ARROWSMITH E INBAKARAN, 2002).

Assim sendo, um ecossistema pode ter alta resistência e baixa resiliência ou vice-versa. Isto tem importantes conseqüências para o manejo de uma área, pois se o uso for muito concentrado, seria muito mais interessante um sistema com elevada resistência não sendo tão importante a resiliência. Este é o caso das áreas de acampamento, por exemplo. Por outro lado, se o uso for disperso, com densidade baixa, a resiliência adquire maior importância (HAMMITT e COLE, 1998).

### **2.2.1 Estudos que Tratam dos Impactos de Atividades Turísticas em Áreas Naturais**

Diversos trabalhos encontrados na literatura tiveram como objetivo o estudo dos impactos ambientais decorrentes da utilização de áreas naturais (definido a fragilidade das áreas), sendo que vários deles enfocaram especificamente a implantação de atividades ecoturísticas. A seguir são descritas resumidamente algumas dessas pesquisas.

Leung (1998) foi um dos primeiros trabalhos encontrados que procurou expandir o conhecimento sobre a dimensão espacial dos impactos do ecoturismo e sobre sua avaliação.



FONTE: baseado em Rosalen (2002) e Rolin (1999)

**Figura 2.2** – Inter-relações entre os impactos do uso recreativo de HAMMITT e COLE, 1998).

(adaptado

O estudo publicado para Bahaire e Elliott-White (1999) examina a evolução na utilização de SIGs pelas organizações relacionadas ao turismo e sua integração com os princípios do desenvolvimento sustentável na Grã-Bretanha. Foi verificado que os SIGs estavam sendo utilizados para cadastramento de recursos, integração de dados, análise espacial, modelagem e para facilitar o envolvimento da comunidade. No entanto, os autores ponderam que não é realístico supor que a tecnologia SIG por si só faça muita diferença no planejamento do turismo, a menos que aplicação desta tecnologia incorpore os objetivos do turismo sustentável.

Nardi (1999) analisou a aceleração do processo erosivo nas trilhas ecoturísticas no Município de Analândia, causada pelas chuvas e sugeriu a reformulação dos trajetos das trilhas, sinalização adequada e presença de monitores no local para uma correta orientação dos ecoturistas.

Hillery et al (2001) investigaram o relacionamento entre os impactos ambientais medidos e a percepção dos turistas em dez locais na Austrália. Foi encontrado um relacionamento positivo entre o número total de visitantes anuais e os impactos medidos. A maior parte dos turistas conseguiu identificar ameaças potenciais ao ambiente.

Rosalen (2002) aplicou a Equação Universal de Perdas de Solos e um Sistema de Informações Geográficas no planejamento do ecoturismo no Município de Santo Antônio do Pinhal, SP. Os resultados desta pesquisa mostraram a acentuada fragilidade da área de estudo a processos erosivos e a inadequação de traçados e perfis das vias utilizadas na prática do ecoturismo.

Al-Sayed e Al-langawi (2003) discutem a aplicação de técnicas de ecoturismo que garantem a conservação da biodiversidade e analisam sua efetividade nas condições sociais, climáticas e culturais do Kuwait. Os autores concluíram que, neste país, os indivíduos analisam a temperatura e a condição da água para escolher seus ambientes favoritos para atividades de recreação e turismo.

Brito (2003) utilizou a metodologia descrita por Ross (1994), baseada no cruzamento dos mapas de solos, declividade, geomorfologia e uso da terra para elaboração de um mapa de fragilidades emergente e potencial da Bacia do Ribeirão Bom Jardim, nos municípios de Uberaba e Uberlândia, MG.

A Dissertação de Mestrado apresentada por Ghezzi (2003) teve por objetivo avaliar e mapear, conforme a metodologia de Ross (1994), a fragilidade ambiental da bacia do rio Xaxim, localizada no município de Antonina, estado do Paraná, com o auxílio do Geoprocessamento.

Dixon et al (2004) desenvolveram um processo para monitoramento das condições de trilhas em um parque na Tasmânia, Austrália. A pesquisa foi realizada para determinar o relacionamento entre as variáveis ambientais, de impacto e de utilização de trilhas. Uma das conclusões do estudo foi que as condições das trilhas em geral são mais fortemente influenciadas pela localização do que pelo nível de utilização. O estudo indicou também que, para a implantação de uma trilha ou re-alinhamento de uma trilha existente, os administradores

deveriam otimizar a drenagem e manter o gradiente da trilha abaixo de 8°, principalmente se o objetivo for minimizar a necessidade de estabilização artificial. Em geral as trilhas em florestas tendem a ser mais estáveis que as trilhas em áreas com vegetação baixa.

O objetivo do estudo de Meyer (2004) foi realizar uma comparação empírica entre diversos métodos para coleta de dados sobre dois indicadores de impacto de visitantes (compactação do solo e cobertura do solo). O objeto da pesquisa foram algumas ilhas escolhidas no *Boston Harbor Islands National Park* em Boston, Ma EUA.

O planejamento do ecoturismo na região da cidade de Capitólio em Minas Gerais, utilizando geoprocessamento e sensoriamento remoto foi estudado por Barbosa (2004) em sua dissertação de mestrado. A autora utiliza como base uma adaptação da metodologia de Zoneamento Ecológico-Econômico do INPE e o conceito de “unidades de paisagens”. Como resultado foi elaborado um Banco de Dados Geográficos que contém informações detalhadas dos aspectos ambientais e sócio-culturais da área de estudo, além de mapas com orientações sobre trilhas interpretativas e propostas de circuitos para a prática do ecoturismo, em função das vias de acesso e dos atrativos naturais e/ou culturais, utilizando os pictogramas sugeridos pela Embratur.

A dissertação de Mestrado de Santos (2005) também utilizou a metodologia de Ross(1994) para mapear a fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Jirau Município de Dois Vizinhos – Paraná.

Santos Junior e Ribeiro (2006) descrevem uma pesquisa cujo objetivo foi verificar se o crescimento da atividade turística em uma Unidade de Conservação na Amazônia proporciona o desenvolvimento das populações locais através da análise dos benefícios e malefícios da atividade no Município de Presidente Figueiredo-AM.

O estudo de Fagundes et al (2007) teve como objetivo propor alternativas de traçados de trilhas no Parque Estadual de Terra Ronca, a partir da integração de indicadores que melhor descrevam a área por meio de rotinas de apoio à decisão em SIG. Essas alternativas se dão por meio de modelos que priorizam diferentes preferências de público, desde aquela por áreas com maior conforto térmico (matas) até a preferência por campos arenosos (menor conforto térmico, porém, maior raridade biológica).

O objetivo do estudo de Vashchenko et al (2007) foi caracterizar e avaliar a fragilidade ambiental dos picos Camacua, Camapuã e Tucum, situados na Serra do Mar

paranaense, no município de Campina Grande do Sul. A fragilidade ambiental foi determinada conforme a metodologia de Ross (1994), baseada em dados de declividade, solo e vegetação.

O objetivo do trabalho de Calijuri et al (2007) foi propor uma metodologia para a geração das cartas de fragilidade ambiental potencial e emergente com o uso de funções de padronização fuzzy, incorporando os fatores em uma análise multicritério a partir de uma combinação linear ponderada. O objeto deste estudo foram as bacias hidrográficas dos rios Jacupiranga e Pariquera-açu, que se localizam no sul do estado de São Paulo, abrangendo terras dos municípios de Cajati, Pariquera-açu, Jacupiranga e Registro.

### **2.3 AS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APPs)**

As Áreas de Preservação Permanente são áreas de grande importância ecológica, cobertas ou não por vegetação nativa, que têm como função preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas.

Essas áreas são protegidas pelo Código Florestal (Lei Federal nº. 4.771/65, atualizado em 06/01/2001) e pela Resolução CONAMA nº. 303, de 20 de março de 2002. Nestes locais não se pode fazer a retirada da cobertura vegetal original, permitindo, assim, que ela possa exercer, em plenitude, suas funções ambientais e não se deve, portanto, permitir a implantação de trilhas ecoturísticas (RIBEIRO et al, 2005).

De acordo com o Art. 3º da Resolução CONAMA nº. 303, de 20 de março de 2002, que dispõe sobre Área de Preservação Permanente, constitui Área de Preservação Permanente a área situada:

- a) em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima, de:
  - 30 metros, para o curso d'água com menos de 10 metros de largura;
  - 50 metros, para o curso d'água com 10 a 50 metros de largura;
  - 100 metros, para o curso d'água com 50 a 200 metros de largura;
  - 200 metros, para o curso d'água com 200 a 600 metros de largura;
  - 500 metros, para o curso d'água com mais de 600 metros de largura;
- b) ao redor de nascente ou olho d'água, ainda que intermitente, com raio mínimo de 50 metros de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte;

- c) ao redor de lagos e lagoas naturais, em faixa com metragem mínima de:
- 30 metros, para os que estejam situados em áreas urbanas consolidadas;
  - 100 metros, para as que estejam em áreas rurais, exceto os corpos d'água com até 20 hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 metros;
- d) em vereda e em faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 metros, a partir do limite do espaço brejoso e encharcado;
- e) no topo de morros e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação à base;
- f) nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a 1000 metros;
- g) em encosta ou parte desta, com declividade superior a 100% ou 45° graus na linha de maior declive;
- h) nas escarpas e nas bordas dos tabuleiros e chapadas, a partir da linha de ruptura em faixa nunca inferior a 100 metros em projeção horizontal no sentido do reverso da escarpa;
- i) nas restingas:
- em faixa mínima de 300 metros, medidos a partir da linha de preamar máxima;
  - em qualquer localização ou extensão, quando recoberta por vegetação com função fixadora de dunas ou estabilizadora de mangues;
- j) em manguezal, em toda a sua extensão;
- k) em duna;
- l) em altitude superior a 1800 metros, ou, em Estados que não tenham tais elevações, a critério do órgão ambiental competente;
- m) nos locais de refúgio ou reprodução de aves migratórias;
- n) nos locais de refúgio ou reprodução de exemplares da fauna ameaçados de extinção que constem de lista elaborada pelo Poder Público Federal, Estadual ou Municipal;
- o) nas praias, em locais de nidificação e reprodução da fauna silvestre.

Uma vez conhecidos os impactos e os mecanismos pelos quais eles ocorrem, o passo seguinte deve ser a identificação dos fatores que influenciam nas relações uso/impacto e

dos indicadores para caracterizar os impactos. Os indicadores são variáveis que representam as condições ambientais que se deseja medir e que podem ser monitorados para avaliar a eficácia de um eventual programa de manejo.

## **2.4 UTILIZAÇÃO DOS SIGs PARA ESTUDOS DE ECOTURISMO**

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) podem ser definidos como “um conjunto de ferramentas para coleta, armazenamento, recuperação, transformação e exibição de dados espaciais do mundo real para um conjunto particular de propósitos” (BURROUGH e MCDONNEL, 1998).

Os SIGs utilizam basicamente duas maneiras de representação espacial: a representação matricial, através de imagens *raster*, e a representação vetorial ou *vector*, através de vetores. O formato *raster* é formado por uma matriz composta de elementos denominados pixel. As entidades do formato *raster* são, portanto, representadas por esses elementos, cuja dimensão é proporcional à resolução da imagem. O formato *vector* representa as entidades através de uma geometria de espaços contínuos, utilizando pontos, linhas e polígonos (BATTY, 2002).

Os Sistemas de Informações Geográficas podem integrar, numa única base, informações espaciais de dados cartográficos, censitários e de cadastramento, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno; cruzar informações através de algoritmos de manipulação para gerar mapeamentos derivados e consultas, recuperar, visualizar e permitir saídas gráficas para o conteúdo da base de dados geocodificados. Dadas essas características, os SIGs se constituem em uma ferramenta de grande auxílio ao mapeamento, monitoramento e manipulação de dados em recursos naturais e turismo. Com o uso dos SIGs pode-se, por exemplo, identificar quais são as áreas mais frágeis à visitação, qual é a capacidade de suporte para determinado ambiente e quais são as atividades mais indicadas para cada área.

Bahaire e Elliott-White (1999) apresentam uma revisão de várias aplicações de SIGs no planejamento de turismo. Dentre os vários trabalhos publicados, que ressaltam a importância da aplicação dessa ferramenta no ecoturismo, alguns são descritos a seguir.

Barbosa et al. (2003) utilizaram um procedimento metodológico baseado em técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para o levantamento de unidades de paisagem com valor para ecoturismo. A área do estudo englobou parte dos municípios de Capitólio, São João Batista do Glória e São José da Barra, na região do médio Rio Grande

(sudoeste de Minas Gerais). O software SIG utilizado pelos pesquisadores foi o SPRING (INPE, 2006) e reuniu na mesma base de dados, mapas temáticos de geologia, solos, geomorfologia, imagem de satélite, uso da terra e declividade que serviram de “dados de entrada” para a carta de unidade de paisagem. A ponderação destas classes temáticas levou em consideração os valores (subjetivos) que cada tema poderia ter em face de sua importância para a exploração de trilhas ecoturísticas interpretativas.

O software SPRING foi utilizado por Rolim et al. (2001) para levantaram as potencialidades turísticas do PESB (Parque Estadual Serra do Brigadeiro) no estado de Minas Gerais. O objetivo específico do projeto era levantar subsídios para a elaboração do plano diretor do PESB e avaliar a necessidade do planejamento.

Liu et al.(2002) caracterizaram e analisaram a estrutura da paisagem (incluindo aspectos físicos, biológicos e ecológicos) para o zoneamento planejado e manejo eficiente do Parque Estadual das Nascentes do Rio Taquari, MS, utilizando análise de imagens e softwares SIG (SPRING e ARCVIEW). Foram gerados mapas temáticos de uso da terra a partir de fotos aéreas, imagens de satélite e mapas topográficos. Foi organizado também um banco de dados em que foram considerados parâmetros de conservação da biodiversidade, recreação, educação ambiental, ecoturismo, proteção de bacias, monitoramento da qualidade ambiental e pesquisa científica.

Stellfeld (2002) aplicou um SIG (ArcView) para consolidar informações geoambientais sobre o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, localizado em São Jorge, município de Alto Paraíso de Goiás, Go. O trabalho descreve oito trilhas e dezessete sítios geoturísticos em uma linguagem acessível, além das descrições em linguagem técnica.

Arrowsmith e Inbakaran (2002) descrevem uma pesquisa realizada com o objetivo de investigar quais as variáveis biofísicas cujo inter-relacionamento causa impactos deletérios decorrentes das caminhadas em trilhas turísticas. A área de estudo foi o Parque Nacional Grampians na Austrália. Os autores utilizaram o conceito de resiliência para analisar o impacto da atividade turística no ambiente, considerando variáveis geomorfológicas, ecológicas, climatológicas e pedológicas, mapeadas em um Sistema de Informações Geográficas. A inter-relação destas variáveis permitiu identificar as regiões mais frágeis e que deveriam ser preservadas de interferência humana.

Oliveira (2001) demonstrou o potencial de análises espaciais como apoio à gestão do turismo; criando um banco de dados digital no Microsoft Access. O autor analisa a

distribuição espacial de equipamentos e serviços turísticos e as condições de mobilidade dos turistas e sugere condições de sustentabilidade para o turismo na Ilha de Santa Catarina. Os dados foram obtidos através de levantamentos de campo, de interpretação de cartas e imagens e através de consultas a documentos de órgãos públicos (Embratur, Santur, Setur e FATMA).

O SPRING foi o software utilizado por Pereira et al (1999) para elaborar uma carta turística do Município de São Sebastião, SP. Seguindo uma metodologia similar, Riekstin e Sanches (2004) implementaram um banco de dados turísticos do município de São Carlos, SP.

Spörl (2001) descreve as etapas metodológicas para a confecção de mapas visando a avaliação da Fragilidade Ambiental. Da inter-relação destes mapas, com a utilização de dois SIGs (Idrisi e ArcView), a autora gerou um produto cartográfico síntese, que classifica e qualifica a área estudada em Unidades Ecodinâmicas Estáveis ou Instáveis com diferentes graus de instabilidade potencial e emergente. As Unidades Ecodinâmicas Instáveis são definidas como sendo aquelas cujas intervenções antrópicas modificaram intensamente os ambientes naturais, e as Unidades Ecodinâmicas Estáveis são aquelas que estão em equilíbrio dinâmico e foram poupadas da ação humana, mas apresentam Instabilidade Potencial qualitativamente previsível face as suas características naturais e a sempre possível inserção antrópica.

Covalite (2006) discute a aplicação do geoprocessamento na criação de um banco de dados e de roteiros turísticos tendo como tema central o Caminho de Peabiru. O caminho era uma trilha indígena da época pré-colombiana que atravessava a América do Sul do oceano Atlântico ao Pacífico, passando pelo Paraná, Santa Catarina, São Paulo, Mato Grosso, Paraguai e Bolívia. O banco de dados tem como objetivo delimitar roteiros de peregrinação e incentivar o desenvolvimento do turismo rural

Uma aplicação de SIG para dar suporte ao planejamento de trilhas ecoturísticas no Parque Estadual de Campos do Jordão foi realizada por Decanini (2001). Os critérios de análise deram ênfase às restrições ambientais, como a legislação referente à proteção dos recursos naturais e o zoneamento do plano de manejo existente. A autora ressalta que a falta de dados mais detalhados limitou a capacidade de análise baseada no SIG.

Maganhotto et al (2007) desenvolveram um estudo na RPPN Reserva Ecológica Itaytyba, localizada no município de Tibagi. Com base na metodologia proposta por Ross (1994), o estudo priorizou uma análise conjunta e integrada de variáveis físicas, resultando na identificação de diferentes classes de fragilidade nos traçados das trilhas existentes na área.

Estes procedimentos possibilitaram a identificação de locais com diferenciados graus de susceptibilidade a degradação.

O Quadro 2.1 mostra alguns problemas relacionados ao ecoturismo e como os SIGs podem colaborar para sua solução.

**Quadro 2.1** – Problemas relacionados ao ecoturismo e o uso potencial dos SIGs  
(adaptado de BAHAIRE e ELLIOT-WHITE, 1999)

Natureza do problema	Aplicação dos SIGs
Falta de informação sobre a natureza e o potencial do ecoturismo	Cadastramento sistemático dos recursos e ecoturismo e análise das tendências.
Dificuldade para determinação dos níveis de sustentabilidade do desenvolvimento do turismo devido à imprecisão do conceito	Monitoramento e controle das atividades de turismo depois que os níveis de desenvolvimento considerados adequados tenham sido determinados.
Dificuldade para gerenciar e controlar o desenvolvimento do ecoturismo	Identificação de locais adequados para o desenvolvimento do turismo e de zonas de potenciais conflitos.

### **3 FATORES AMBIENTAIS QUE CONTRIBUEM PARA OS IMPACTOS DAS ATIVIDADES TURÍSTICAS EM ÁREAS NATURAIS**

---

Este capítulo tem como objetivos: (1) identificar os fatores ambientais que contribuem para a degradação de áreas naturais e que, portanto, são importantes na definição de locais apropriados para existência de trilhas e (2) descrever os procedimentos que têm sido empregados para o estudo da fragilidade de áreas naturais.

Por muito tempo, a intensidade de uso foi considerada como o fator mais importante para a avaliação da magnitude dos impactos (KUSS et al, 1990). Atualmente, no entanto, sabe-se que a questão é mais complexa e que, na maioria dos casos, os fatores que afetam as relações uso/impacto são muito diversos.

Um dos trabalhos mais relevantes sobre a Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados foi publicado por Ross (1994). Praticamente todos os trabalhos subsequentes, realizados por pesquisadores brasileiros referenciam o trabalho de Ross como fonte para suas pesquisas.

Ross (1994) define fragilidade ambiental como à susceptibilidade de dano que o meio ambiente pode sofrer. Identificar a fragilidade ambiental de uma área significa avaliar, primeiramente através de análises isoladas de indicadores dos aspectos físicos relevantes do ambiente em estudo, e posteriormente através dos cruzamentos destes, a intensidade com que este ambiente pode ser explorado sem prejudicar sua dinâmica e seu equilíbrio, levando em consideração as limitações a ele impostas através das componentes naturais e antrópicas.

A fragilidade ambiental pode ser avaliada a partir de dois aspectos: a fragilidade potencial e a fragilidade emergente. A Fragilidade Potencial compreende a integração dos elementos físicos naturais, como a geomorfologia, tipos de solo, declividade, geologia entre outros, enquanto a Fragilidade Emergente compreende a análise integrada da fragilidade potencial do meio natural com o tipo de uso do solo.

Os impactos ambientais podem ser classificados em 5 grupos (KUSS et al., 1990; HAMMITT e COLE, 1998; FREIXÊDAS-VIEIRA et al.2000):

- a) físicos (como o aumento e/ou deposição inadequada de lixo e a alteração das propriedades dos solos, podendo causar esterilidade, compactação e erosão);

- b) biológicos (como a introdução, a extinção e o deslocamento de espécies, podendo afetar à riqueza e à diversidade das comunidades de espécies vegetais e animais);
- c) estéticos (como a homogeneização de paisagens);
- d) econômicos;
- e) sociais (podendo afetar tanto as populações receptoras como a qualidade da experiência recreativa)

Esta pesquisa, assim como as descritas no item 2.2.1, enfoca apenas os impactos físicos e biológicos, avaliando a fragilidade ambiental.

A partir dos trabalhos citados, pode-se verificar que as pesquisas empíricas que analisam as variáveis que influenciam na maior ou menor suscetibilidade dos ecossistemas ao uso recreativo, consideram, em geral, 3 grupos de características: características pedológicas, características topográficas e característica da cobertura vegetal.

### **3.1 CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS**

As características pedológicas referem-se às características e propriedades dos solos existentes na área de estudo. As atividades recreativas exercem sobre os solos uma série de processos degradativos que podem chegar a níveis alarmantes, em razão das características próprias dos solos e de outras como o nível de uso e o tipo de atividade (SILES, 2003).

A textura do solo indica o tamanho das partículas minerais que o compõem, bem como a suas proporções relativas. Esta característica contribui para determinar a fragilidade do solo.

Um solo de textura arenosa (< 15% de areia + silte), contendo grandes poros, durante uma chuva leve, absorve toda a água que recebe sem originar correntes superficiais e, portanto, sem sofrer erosão. Porém, como possui baixa proporção de partículas argilosas, que atuam ligando e mantendo unidas as partículas grossas, ao fluir qualquer corrente de água sobre sua superfície, arrasta grande quantidade de solos (FERES, 2002).

Os solos arenosos, ou de textura grossa, resistem pouco à erosão pelo vento e pela água porque as partículas que os compõem são facilmente separadas e arrastadas. Sua estrutura instável pode provocar alargamento das trilhas e caminhos. São solos apropriados para áreas de acampamento, onde a compactação pelo uso inibe a erosão (HAMMITT e COLE, 1998).

Comportamento contrário ocorre em solos de textura argilosa (35-59% de argila) ou muito argilosa ( $\geq 60\%$  de argila), onde a ocorrência de poros muito pequenos pode ser vantajosa ou não. Durante uma chuva normal, grande parte das águas não penetra no terreno podendo, em função do declive, ocorrer erosão laminar. Por outro lado, microporos armazenam água durante muito tempo oferecendo maior resistência à ação desintegradora das correntes superficiais e dos pingos de uma nova chuva.

Do ponto de vista do uso recreativo, o principal problema dos solos argilosos, ou de textura fina, é a diminuição da permeabilidade pela compactação, o que provoca aumento do escoamento superficial e da erosão. Quando úmidos, os solos argilosos suportam pouca pressão, deformando-se facilmente. Tudo isto, faz com que estes solos sejam pouco apropriados para o uso recreativo (HAMMITT e COLE, 1998).

Assim sendo, os solos de textura média ( $< 35\%$  de argila e  $> 15\%$  de areia) onde as partículas são de diferentes tamanhos e misturadas de modo heterogêneo, são os que apresentam menos problemas erosivos.

Os solos de textura média são os que oferecem menos limitações para o uso em trilhas, áreas de acampamento, etc.. O maior problema destes solos é que, devido à sua composição de partículas de diferentes tamanhos e em diferentes proporções, são particularmente sensíveis à compactação (HAMMITT e COLE, 1998).

### **3.1.1 Classificação e Nomenclatura dos Solos**

Uma classificação de solos natural ou taxonômica é aquela em que o propósito é, tanto quanto possível, revelar relações das características mais importantes dos solos, sem referência a nenhum objetivo específico e aplicado. O Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 1999) engloba 13 classes. As mais significativas em termos de ocorrência são as seguintes (FERES, 2002; TOREZAN, 2005, MAGANHOTTO, 2007):

#### **a) Neossolos**

São solos jovens e pouco evoluídos e muito susceptíveis à erosão. Apresentam sérias limitações à trafegabilidade. Incluem:

- Areias Quartzosas (AQ álicas, A moderado, excessivamente drenada, textura arenosa).

- Solos Litólicos (Rd, eutróficos ou distróficos, textura indiscriminada quando oriundos de substrato de rochas sedimentares e textura argilosa ou muito argilosa quando originados de substrato diabásico ou basalto).

#### b) Latossolos

São solos com boas propriedades físicas, baixa capacidade de retenção de água e, portanto, com baixa erodibilidade. Incluem:

- Latossolo Vermelho-Amarelo (LV álico, A moderado, textura média)
- Latossolo Roxo (LR eutrófico ou distrófico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa)
- Latossolo Vermelho-Escuro (LE álico, A moderado, textura média a argilosa).

#### c) Nitossolos

Encontram-se frequentemente em terrenos com declividade acentuada, podendo apresentar problemas erosivos e decorrentes da facilidade de compactação. Apresentam erodibilidade relativamente alta, sendo comum ocorrer erosão acentuada em áreas inadequadamente utilizadas. Incluem:

- Terra Roxa Estruturada (TE, textura argilosa)

#### d) Argissolos

São solos com resistência à erosão baixa ou muito baixa. Incluem:

- Podzólico Vermelho-Amarelo (PV, textura arenosa média a média argilosa).

#### e) Gleissolos

São solos associados às calhas de drenagem e à topografia muito plana, apresentando excesso de água (pela presença de lençol freático a pouca profundidade). Apresentam limitações à trafegabilidade devido a sua baixa capacidade de suporte. Incluem:

- Solos hidromórficos (Hi, textura indiscriminada).

Segundo Ross (1994) e Crepani et al (2001) os valores de fragilidade são máximos no caso dos Neossolos (solos jovens ou pouco desenvolvidos) e mínimos para os Latossolos, em função, principalmente, do grau de maturidade ou desenvolvimento do solo.

Muitos trabalhos encontrados na literatura associam os tipos de solos a classes de fragilidade (Spörl, 2001; Crepani et al, 2001; Brito, 2003; Siles, 2003). Estas classificações, embora diferentes quanto ao detalhamento dos tipos de solos, seguem, fundamentalmente, a classificação proposta por Ross (1994).

As classes de fragilidade dos solos propostas por Ross (1994), consideram as características de textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas e profundidade/espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais (Quadro 3.1).

**Quadro 3.1 - Classes de Fragilidade dos Solos (ROSS, 1994)**

Classes de Fragilidade	Tipos de Solos
Muito Baixa	Latossolo Roxo, Latossolo vermelho escuro e vermelho amarelo textura argilosa
Baixa	Latossolo amarelo e vermelho amarelo textura média/argilosa
Média	Latossolo vermelho amarelo, Terra roxa, Terra bruna, Podzólico vermelho amarelo textura média argilosa
Alta	Podzólico vermelho amarelo, textura média arenosa, Cambissolos
Muito Alta	Podzolizados com cascalho, Litólicos e Areias Quartzosas.

### 3.2 CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS

As características topográficas de um local (declividade) influenciam diretamente na capacidade do ambiente para resistir ao uso recreativo (RIZZINI, 1976).

A declividade pode ser definida como a inclinação da superfície de um terreno em relação a plano horizontal e pode ser medida em graus (0 a 90°) ou porcentagem (SILVA, 2005).

Este fator influencia muito o grau de impacto de estradas e trilhas e em lugares onde o uso é muito freqüente, mesmo na inexistência de trilhas oficiais. Geralmente, o impacto é proporcional à declividade: quanto maior a declividade, maior o impacto.

No entanto, os problemas de erosão podem acontecer em terrenos, com pouca ou nenhuma declividade, devido à maior dificuldade na drenagem, provocando também o aumento na largura das trilhas e a criação de trilhas alternativas. Este tipo de problema está também muito associado ao tipo de solo existente na área (SILES, 2003).

Hammit e Cole, 1998 analisaram os problemas de erosão em trilhas e concluíram que declividades menores que 9° (16%) não provocam quaisquer problemas de erosão; com declividades entre 9° (16%) e 18° (32%) já apareciam problemas e acima de 18° (32%) de declividade quase todas as trilhas apresentavam problemas de erosão. Neste mesmo estudo, os autores verificaram que a largura e a profundidade das trilhas também aumentavam com a declividade. O aumento na profundidade da trilha é devido ao maior efeito erosivo da água pelo aumento de sua velocidade em áreas de maior declive. Quanto ao aumento na largura, pode ser devido à tendência das pessoas a saírem da trilha principal devido à maior dificuldade para caminhar (COLEMAN apud HAMMITT e COLE, 1998).

Cifuentes (1992), em um estudo conduzido na costa Rica, e Binelli et al. (1997), em um trabalho realizado no município de Brotas (São Paulo), combinaram o tipo de solo e a declividade para determinar a suscetibilidade à erosão. Ambos os autores concluíram que para declividades menores de 10% não havia qualquer risco para qualquer tipo de solo; em declividades entre 10% e 20% em solos arenosos e argilosos o risco foi determinado como sendo médio e para solos de silte como sendo alto; finalmente, em declividades maiores de 20% o risco foi considerado alto.

Existe associado à topografia, um importante fator de manejo que é a localização das trilhas com relação à linha de declividade dominante. Trilhas traçadas seguindo a linha de máxima declividade apresentam maiores problemas de erosão, acentuando-se ainda mais com o aumento da declividade. Trilhas traçadas acompanhando as curvas de nível apresentam menos problemas, porque a drenagem é melhor e também porque para os usuários é mais fácil respeitar os traçados principais.

Vários outros trabalhos encontrados na literatura brasileira utilizam a declividade como um dos fatores determinantes da fragilidade de um terreno.

Silva (2005) para o zoneamento geoambiental da Bacia do Rio do Peixe, definiu seis classes de declividade associadas a diferentes fragilidades do solo (Tabela 3.1).

Os trabalhos de Ghezzi (2003), Kawakubo (2005), Santos (2005) e Figueiredo (2006) utilizam as mesmas cinco classes de declividades adotadas por Ross (1994) mostradas na Tabela 3.1. Santos (2005) também se baseia nas classes definidas por Ross (1994), mas faz pequenas alterações nos limites (Tabela 3.2). Todos estes estudos visavam produzir mapas de fragilidade ambiental para o planejamento territorial.

**Tabela 3.1** – Classes de declividade (SILVA, 2005)

Fragilidade	Classes de declividade
Muito baixa	< 2%
Baixa	≥ 2% e < 10%
Medianamente moderada	≥ 10% e < 20%
Moderada	≥ 20% e < 30%
Alta	≥ 30% e < 45%
Muito alta	≥ 45%

**Tabela 3.2** - Classes de Declividade (ROSS, 1994; SILVA, 2005)

Fragilidade	Classes de Declividade	
	Ross (1994)	Santos (2001)
Muito Fraca	< 6%	< 5%
Fraca	≥ 6% e < 12%	≥ 5% e < 8%
Média	≥ 12% e < 20%	≥ 8% e < 20%
Forte	≥ 20% e < 30%	≥ 20% e < 30%
Muito Forte	≥ 30%	≥ 30%

A classificação adotada por Siles (2003), para a modelagem espacial visando o planejamento de atividades de visitação pública em áreas naturais, difere das anteriores por considerar apenas 4 classes (Tabela 3.3).

**Tabela 3.3** – Classes de declividade (SILES, 2003)

Fragilidade	Classe de declividade	
	(em graus)	(em %)
Muito fraca	< 3°	< 5%
Média	≥ 3° e < 9°	≥ 5% e < 16%
Forte	≥ 9° e < 27°	≥ 16% e < 51%
Muito forte	≥ 27°	≥ 51%

No mapeamento desenvolvido por Decanini (2001) para dar suporte ao planejamento de trilhas ecoturísticas no Parque Estadual de Campos do Jordão, a fragilidade é classificada em 6 classes (Tabela 3.4).

**Tabela 3.4 - Classes de fragilidade (DECANINI, 2001)**

Dificuldade da trilha	Manejo da Erosão	Classe de declividade (%)
Caminho fácil	Sem nenhum manejo	< 3%
Caminho de média dificuldade	Cuidados leves	≥ 3% e < 7%
Caminho difícil	Cuidados severos	≥ 7% e < 15%
Caminho muito difícil	Cuidados muito severos	≥ 15% e < 30%
Caminho severo	Cuidados fortemente severos	≥ 30% e < 100%
Alpinismo	Área de preservação permanente	≥ 100%

### 3.3 CARACTERÍSTICAS DA COBERTURA VEGETAL

O tipo e a densidade da cobertura vegetal é outra variável a ser considerada para determinar a resistência de uma área a um determinado uso. O papel mais claro e importante da cobertura vegetal é a proteção que oferece ao solo frente à erosão (SILES, 2003). Grande parte da resistência de uma dada área ao uso recreativo é explicada pela vegetação presente (SPÖRL, 2001).

Para a análise da proteção dos solos pela cobertura vegetal utiliza-se a carta de Uso da Terra. Através de "manchas" identificadas pelos diferentes tipos de usos, como: mata pastagem, agricultura de ciclo curto, etc. são estabelecidos os graus de proteção dos solos.

As características da vegetação que podem influenciar na fragilidade de uma área são: a resistência das espécies individuais; a composição de espécies; a quantidade total de cobertura vegetal e a estrutura da vegetação (WALTER, 1986, HAMMITT e COLE, 1998).

#### a) Espécies Vegetais

As diferentes espécies de vegetação são bastante diferenciadas com relação à resistência ao uso recreativo. As espécies elevadas altitudes, por exemplo, costumam ser mais resistentes neste aspecto.

Algumas espécies crescem de forma ereta em locais não perturbados e passam à forma prostrada quando há pisoteio. As formas de crescimento entouceiradas costumam apresentar maior resistência ao pisoteio.

Uma característica muito importante é a forma de vida das espécies. As gramíneas e as árvores adultas geralmente são muito resistentes. Os arbustos são moderadamente resistentes, mas quando sofrem muito dano sua resiliência é muito baixa.

#### b) Composição das Espécies

A resistência de cada espécie individual depende também das outras espécies da comunidade com as quais está associada. Geralmente, acontece um aumento da resistência onde há vários estratos de vegetação. Por exemplo, plantas mais altas podem absorver os impactos, protegendo assim outras espécies de estratos inferiores.

#### c) Cobertura vegetal

O papel que a cobertura vegetal exerce na resistência da vegetação ao uso recreativo é muito complexo, sendo que tanto comunidades de plantas crescendo de forma esparsa como aquelas crescendo mais densamente, podem ser altamente resistentes ou frágeis.

É possível que a função mais importante e evidente da cobertura vegetal seja aquela relacionada à sua capacidade para inibir a erosão, já que a vegetação ajuda a reter as partículas de solo e reduz a força erosiva da água (COLE, 1995).

#### d) Estrutura da vegetação

No que se refere à estrutura da vegetação, o aspecto mais importante que influencia na perda de vegetação em resposta ao uso é devido ao papel desempenhado pelo dossel. Em geral, plantas que crescem na sombra tendem a ser mais frágeis do que aquelas que crescem em comunidades mais abertas.

### **3.3.1 – Classes de fragilidade em função da Cobertura Vegetal**

Com relação ao tipo de cobertura vegetal, alguns autores estabelecem classificações em função do grau de proteção, outros utilizam o grau de fragilidade. Nas classificações descritas a seguir, deve-se atentar para esta diferença.

Ross (1994) estabeleceu cinco classes de proteção do solo em função do tipo de cobertura vegetal (Quadro 3.2)

**Quadro 3.2 – Grau de Proteção dos Tipos de Cobertura Vegetal (ROSS, 1994)**

Tipo de Cobertura Vegetal	Grau de Proteção
Florestas / matas naturais, Florestas cultivadas com biodiversidade.	Muito Alto
Formações arbustivas naturais com extrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária, cerrado denso, capoeira densa). Mata homogênea de pinos densa, pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como cacau.	Alto
Cultivo em ciclo longo em curvas de nível / terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas, pastagem com baixo pisoteio, silvicultura de eucaliptos com sub-bosque de nativas.	Médio
Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, laranja) com solo exposto entre ruas, culturas de ciclo curto (arroz, trigo, feijão, soja, milho, algodão) com cultivo em curvas de nível / terraceamento	Baixo
Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplanagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas	Muito Baixo

Kawakubo (2005), para a caracterização empírica da fragilidade ambiental da área correspondente à bacia hidrográfica do córrego do Onofre, principal afluente do rio Atibaia, utilizou cinco classes de uso e cobertura vegetal (Quadro 3.3).

**Quadro 3.3 - Classes de uso do solo e cobertura vegetal (KAWAKUBO, 2005)**

Tipo de Cobertura Vegetal / Uso do Solo	Grau de Proteção
Mata (constituída pela predominância de vegetação arbórea)	Muito Alto
Capoeira / Pastagem (vegetação arbustiva localizadas em regiões de campo antrópico)	Alto
Urbano3 (chácaras e condomínios de alto padrão com alta densidade de vegetação)	Baixo
Urbano2 (áreas de expansão urbana, com presença de muitos lotes e de solo exposto)	Alto
Urbano1 (núcleo urbano mais consolidado)	Muito Alto

Para o mapeamento da fragilidade ambiental de uma área no município de Pinhais, região metropolitana de Curitiba, Donha (2006) definiu 5 classes de uso do solo e cobertura vegetal (Quadro 3.4).

**Quadro 3.4** – Classes de uso do solo e cobertura vegetal (DONHA, 2006)

Tipo de Cobertura Vegetal	Grau de Fragilidade
Reflorestamento	Muito fraca
Agricultura	Média
Mata ou capoeira	Fraca
Área urbanizada	Fraca
Pastagem	Média

Siles (2003), para avaliação da fragilidade da cobertura vegetal atribuiu valores considerando que quanto maior a densidade de cobertura vegetal, maior seria a proteção do solo e, portanto, menor a fragilidade da área considerada (Quadro 3.5).

**Quadro 3.5** - Classes de uso do solo e cobertura vegetal (SILES, 2003)

Tipo de Cobertura Vegetal	Fragilidade
Floresta estacional semidecidual	Muito fraca
Cerradão	Muito fraca
Cerradão s.s.	Fraca
Campo cerrado	Média
Mata ciliar	Fraca
Capoeiras	Fraca
Pastagens	Forte
Outros usos (cana, etc.)	Muito forte

O trabalho de Brito (2003) descreve a metodologia empregada para elaboração de mapas de fragilidades emergente e potencial da Bacia do Ribeirão Bom Jardim, no Triângulo Mineiro, MG. As categorias de fragilidade das áreas associadas ao uso do solo e cobertura vegetal são mostradas no Quadro 3.6

**Quadro 3.6** - Classes de uso do solo e cobertura vegetal (BRITO, 2003)

Tipo de Cobertura Vegetal	Fragilidade
Mata	Muito baixa
Cerrado e reflorestamento de eucalipto e pinus	Baixa
Pastagem e campo sujo	Média
Culturas perenes	Média alta
Culturas perenes, cultura anual com plantio direto e campo hidromórfico	Alta
Cultura anual com plantio convencional e cultura irrigada	Muito alta

## 4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

---

As técnicas para avaliação do impacto de atividades ecoturísticas podem se divididas em dois grandes grupos (CÉSAR, 2007):

- Capacidade de Carga Turística (CIFUENTES, 1992)

A capacidade de carga turística é a quantidade máxima de pessoas que um local suporta sem causar efeitos negativos excessivos sobre o ambiente e sobre a experiência do visitante.

- Manejo do Impacto da Visitação (VIM)

É um método que também trata do impacto da visitação. Mas, ao contrário da capacidade de carga, não está focado no estabelecimento de um número de pessoas, mas sim nas causas potenciais dos problemas que afetam uma área visitada e na seleção de estratégias (nem sempre quantitativas) para a solução dos problemas. O objetivo dessa técnica é manter os impactos dentro de níveis aceitáveis a partir de critérios pré-estabelecidos. Para tanto, é necessário o estabelecimento de *indicadores de impacto*.

Para este estudo optou-se pela segunda alternativa, produzindo-se mapas de adequação da área para atividades de ecoturismo, principalmente para a implantação de trilhas. Assim sendo, considera-se as regiões mais frágeis como menos adequadas e as regiões menos frágeis como mais apropriadas para uso recreacionais.

Conforme visto no capítulo anterior, diversos fatores ambientais podem contribuir para o impacto de atividades turísticas em áreas naturais. Assim sendo, a avaliação da adequação de uma área para atividades ecoturísticas deve se basear em um método que considere todos os fatores simultaneamente, ou seja, um Método de Avaliação Multicriterial.

Os métodos multicriteriais permitem avaliar e combinar diversos critérios de modo que se obtenha um valor único que representa a avaliação global do sistema que está sendo avaliado. A avaliação multicriterial se integra facilmente em ambiente SIG (Sistemas de Informações Geográficas), o qual oferece a possibilidade de representar os resultados obtidos em mapas da área em estudo (RODRIGUES et al., 2002). Os SIGs também dispõem de ferramentas de análise que permitem efetuar diversas funções que integram o processo de avaliação dos impactos (RAMOS e RODRIGUES, 2002).

O método de avaliação multicritério pode ser dividido em 4 etapas:

**1. Seleção dos critérios:**

Trata da identificação dos fatores que interferem na avaliação. No caso desta pesquisa são utilizados os fatores que contribuem para o impacto das atividades turísticas, conforme descrito no Capítulo 3.

**2. Definição dos pesos:**

Refere-se à atribuição de um peso a cada fator para quantificar a importância relativa de cada um, em relação a sua contribuição na obtenção da avaliação global.

**3. Normalização:**

Para que possam ser agregados em um valor único, os valores dos atributos devem ser convertidos em unidades compatíveis entre si, ou seja, devem ser normalizados e representados em um intervalo numérico comum.

**4. Combinação:**

Consiste na agregação dos fatores para se obter a avaliação global, no caso desta pesquisa, o grau de adequação de uma área.

#### **4.1 SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS**

A partir da análise da literatura, descrita no Capítulo 3, foram identificadas as variáveis ambientais que têm sido mais frequentemente consideradas no planejamento das atividades ecoturísticas.

Em função da disponibilidade de dados secundários e considerando também a dificuldade de obtenção de dados primários (devido ao pouco tempo disponível para coleta de dados durante a pesquisa de mestrado), foram selecionadas, para caracterizar o impacto de atividades turísticas, as variáveis mostradas no Quadro 4.1.

**Quadro 4.1** – Variáveis para caracterização dos impactos de atividades turísticas.

Aspecto	Variável de caracterização
Características Topográficas	Declividade
Características Pedológicas	Tipo de Solo
Características da Vegetação / Uso do solo	Cobertura Vegetal / Uso do solo

## 4.2 DEFINIÇÃO DO PESO DAS VARIÁVEIS

Em geral, os pesos (importância) das variáveis são definidos através de entrevistas com especialistas nas áreas de solos, conservação e meio ambiente.

Dentre os diversos métodos existentes para a definição dos pesos em um procedimento de análise multicriterial, pode-se citar: o Método AHP (*Analytic Hierarquy Process*), Método *Delphi* e Método de Comparação aos Pares com Soma Constante.

### 4.2.1 Método AHP (*Analytic Hierarquy Process*)

Esta técnica desenvolvida por Saaty (1978) baseia-se em uma matriz quadrada  $n \times n$  de comparação entre as  $n$  variáveis, onde as linhas e as colunas correspondem às variáveis (na mesma ordem ao longo das linhas e das colunas). Os elementos  $a_{ij}$  da matriz representam a importância da variável na linha  $i$  em relação á variável na linha  $j$ . Para o estabelecimento dos pesos, os especialistas devem seguir a escala de comparação mostrada na Tabela 4.1. A partir do resultado dessa pesquisa, são obtidos os pesos finais das variáveis.

O método AHP tem sido o mais utilizado em Análises Multicriteriais utilizando Sistemas de Informações Geográficas, porque os softwares SIG incorporam os procedimentos necessários (como a operação de suporte à decisão AHP do software Spring).

### 4.2.2 Método *Delphi*

O método de *Delphi* (Dalkey e Helmer, 1963) tinha, originalmente, como objetivo aprimorar o uso da opinião de especialistas na previsão tecnológica. Porém, ao longo do tempo a técnica passou a ser utilizada para previsão e consenso de opiniões sobre os mais diversos assuntos.

**Tabela 4.1** – Escala de comparação par a par (SAATY, 1978)

Importância	Definição
1	Importância igual – as duas variáveis contribuem igualmente para o objetivo
3	Pouco mais importante – uma variável é um pouco mais importante que a outra
5	Muito mais importante - uma variável é claramente mais importante que a outra
7	Bastante mais importante - uma das variáveis é predominante para o objetivo
9	Extremamente mais importante – uma das variáveis é absolutamente predominante para o objetivo
2, 4, 6, 8	Valores intermediários – também podem ser utilizados

O procedimento para a aplicação do método compreende a elaboração de um questionário sobre o problema em questão que é enviado a diferentes especialistas, evitando o confronto direto entre eles.

Após o recebimento dos questionários preenchidos, as respostas são analisadas e um segundo questionário é enviado aos participantes evidenciando os aspectos sobre os quais os especialistas discordaram. Nesta segunda rodada, os respondentes podem manter sua opinião original ou reformula-la, em função das respostas dos outros participantes. No caso de manter sua opinião original, se esta for muito diferente da maioria, ele deve justificar sua resposta. Este procedimento é repetido até que se atinja um consenso de opiniões.

O Método *Delphi*, além de auxiliar nas realizações de previsões em situações de carência de dados, possui outras vantagens tais como:

- O uso de questionários e respostas escritas conduz a uma maior reflexão e cuidado nas respostas em comparação a uma discussão em grupo.
- O anonimato nas respostas elimina a influência de diversos fatores, tal como o *status* profissional ou acadêmico dos participantes.

### 4.2.3 Método de Comparação aos Pares com Distribuição de Soma Constante

O método de comparação aos pares com distribuição de soma constante é descrito por Richardson et al (1995) e tem o procedimento descrito a seguir.

Solicita-se, de cada entrevistado, que distribua uma determinada quantidade de pontos (por exemplo, 10) entre cada par de variáveis (por exemplo, A e B). Se o entrevistado considera a variável A mais importante que a variável B ele deve atribuir à variável A o valor 10 e à variável B, o valor 0 (ou os valores 9 e 1, 8 e 2, 7 e 3 ou 6 e 4, dependendo da importância relativa entre as variáveis). Se, por outro lado, ele considerar que a variável A tem importância aproximadamente igual à importância da variável B os valores distribuídos devem ser 5 para A e 5 para B.

O procedimento para se obter os pesos das variáveis a partir das respostas dos entrevistados é mostrado na Tabela 4.2, que mostra a resposta de um dos questionários. As linhas da tabela indicam o valor obtido pela variável quando comparada com cada uma das outras variáveis. Por exemplo, na opinião desse entrevistado, a variável 1, quando comparada com a 2 obteve o valor 6, quando comparada com a variável 3 obteve o valor 7 e quando comparada com a variável 4 também obteve o valor 7.

**Tabela 4.2** – Exemplo de cálculo dos pesos

Variáveis	1	2	3	4	$\Sigma$	Cálculo dos pesos
1	-	6	7	7	20	$20/60 = 0,33$
2	4	-	6	6	16	$16 / 60 = 0,27$
3	3	4	-	4	11	$11 / 60 = 0,18$
4	3	4	6	-	13	$13 / 60 = 0,22$
					$\Sigma = 60$	$\Sigma = 1,00$

### 4.3 NORMALIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS

Quando se avalia um sistema considerando múltiplas variáveis (como no caso desta pesquisa), é preciso integrar todos os mapas para que a fragilidade da área seja representada por um único valor.

Para ser possível esta integração, é necessário que os dados referentes às diversas variáveis sejam padronizados, de maneira que fiquem em uma mesma escala de valores. Esta normalização pode ser feita através da Análise Booleana ou da Análise *Fuzzy*.

O método booleano considera que cada mapa temático (fator) pode ser um nível de evidência. Os diferentes níveis são combinados para elaborar uma hipótese ou proposição, sendo que cada componente de um nível é classificado como satisfazendo (1) ou não satisfazendo (0) uma hipótese (ou proposição).

As principais operações booleanas são as operações AND e OR. Na operação AND, os diferentes níveis são combinados produzindo uma imagem binária (ou booleana) final, onde o valor 1 indica que a área satisfaz todas as condições, e o valor 0, que a área não satisfaz uma ou mais condições, isto é, corresponde a uma operação lógica de intersecção. Na operação booleana OR, os diferentes níveis são combinados em uma imagem binária final, onde o valor 1 indica que a área satisfaz pelo menos uma das condições, e o valor 0, que a área não satisfaz nenhuma das condições exigidas, isto é, corresponde a uma operação lógica de união.

A lógica *fuzzy* estende o conceito da lógica clássica Booleana para os números reais e pode expressar matematicamente relacionamentos vagos e imprecisos. Na álgebra Booleana, 1 representa verdadeiro e 0 representa falso. Isto também acontece na lógica *fuzzy*, mas, além disso, todas as frações entre 0 e 1 são utilizadas para expressar verdade parcial (grau de pertinência). Uma função de pertinência é uma curva que define como cada valor de entrada se transforma em um valor de saída (valor de pertinência) entre 0 e 1.

A função de pertinência é uma curva arbitrária cujo formato pode ser definido com base em simplicidade, conveniência ou eficiência (AL-NAJJAR e ALSYOUF, 2003). Existem vários tipos básicos de função de pertinência: linear, gaussiana, sigmoidal, polinomial, etc.. A escolha da função depende da natureza da variável que está sendo normalizada.

Muitos das metodologias mais conhecidas para a geração de mapas de fragilidade ambiental (ROSS, 1994; CREPANI et al, 2001, SPÖRL, 2001) utilizam limites rígidos na definição da fragilidade.

Um dos problemas relacionados à definição de limites rígidos para os fatores, são os erros e as incertezas associados, pois nem sempre os fenômenos naturais são representados corretamente. Com isso é necessário o uso e/ou desenvolvimento de métodos que represente de forma mais complexa os fenômenos naturais (CALIJURI, 2007).

Nesse contexto, para a normalização das variáveis selecionadas, foi utilizada nesta pesquisa, a lógica *fuzzy*. Foram definidas curvas (funções de pertinência) que representam a variação dos valores de cada variável em função da sua influência na fragilidade da área.

Adotou-se o seguinte critério: valores mais altos (mais próximos de 1) correspondem a áreas com adequação alta, valores mais próximos de zero, representam áreas com adequação baixa.

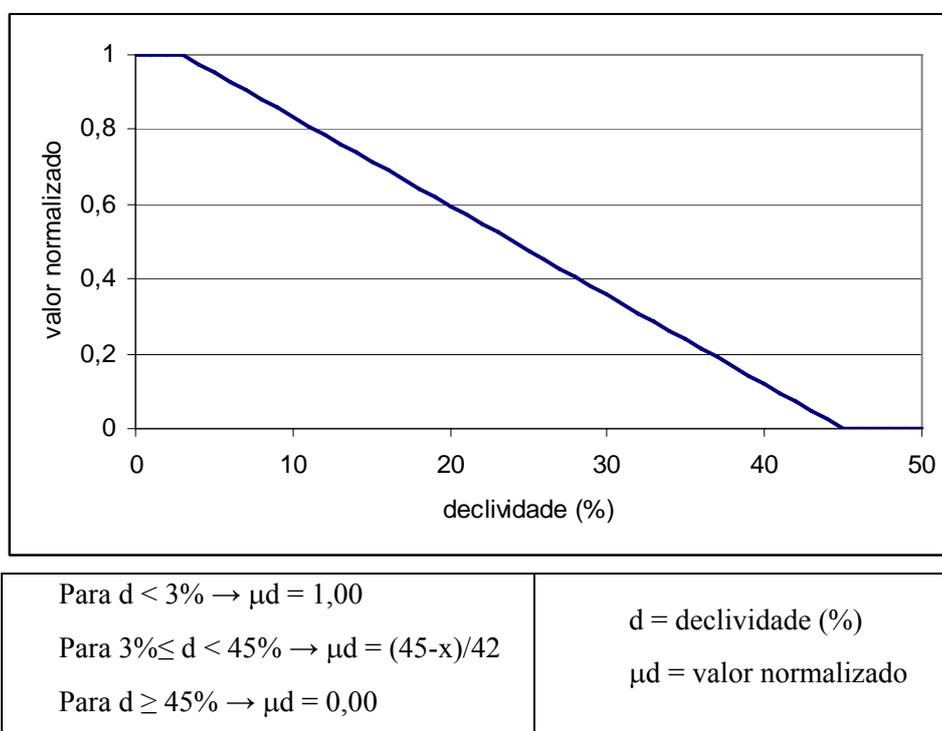
Descreve-se a seguir o procedimento adotado para a normalização de cada uma das variáveis.

### 4.3.1 – Declividade

Para a definição da função de pertinência correspondente à declividade, considerou-se que valores percentuais menores que 3% correspondem a declividade muito baixa, com fragilidade muito fraca (mais adequadas para atividades ecoturísticas). Valores iguais ou superiores a 45% caracterizam áreas de alta declividade com fragilidade muito forte (inadequadas para atividades ecoturísticas).

Conforme descrito no item 2.3, tanto o Código Florestal, como a Resolução CONAMA, consideram como Áreas de Preservação Permanente, aquelas localizadas em encostas com declividade superior a 100% ou 45° graus na linha de maior declive.

A função de pertinência definida é mostrada na Figura 4.1



**Figura 4.1** – Função de pertinência para a variável “Declividade”

### 4.3.2 Tipo de Solo

Para normalizar a variável “Tipo de Solo”, foi utilizada a classificação de solos descrita no item 3.3.1 e os estudos de Ross (1994), Crepani (2001), Siles (2003) e Calijuri (2007), conforme mostrado na Tabela 4.3.

**Tabela 4.3 - Classes de adequação das áreas quanto ao Tipo de Solo**

Tipos de Solos	Adequação
Latossolos (Roxo, Vermelho escuro e Vermelho amarelo)	1,0
Nitossolos (Terra roxa)	0,6
Argissolos (Podzólico Vermelho amarelo)	0,4
Neossolos (Litólicos e Areias Quartzosas)	0,2
Gleissolos (Solos hidromórficos)	0,0

Obs. valores mais altos correspondem a áreas com adequação mais alta.

### 4.3.3 Cobertura Vegetal / Uso do Solo

A classificação adotada para normalização da variável “Cobertura Vegetal” foi baseada nos trabalhos de Ross (1994), Brito (2003), Siles (2003), Kawakubo (2005), Donha (2006), Calijuri (2007) e Maganhotto (2007). Todos estes trabalhos consideram que quanto maior a densidade de cobertura vegetal, maior será a proteção do solo exercida, menor a fragilidade da área e, portanto, maior a adequação para usos recreativos (Tabela 4.4).

**Tabela 4.4 – Classes de adequação das áreas quanto à Cobertura Vegetal / Uso do Solo**

Tipo de Cobertura Vegetal	Adequação
Florestas / matas naturais / Área Urbanizada	1,0
Cerradão	1,0
Campos / Cerrado	0,8
Capoeira / Mata ciliar	0,6
Pastagem	0,4
Agricultura	0,2

#### 4.4 AGREGAÇÃO DAS VARIÁVEIS

Para a geração dos mapas finais de adequação da área em estudo, os mapas padronizados devem ser agregados através do procedimento denominado Combinação Linear Ponderada (equação a seguir).

$$Adequabilidade = \sum_{i=1}^4 p_i x_i$$

Onde:  $p_i$  = pesos das variáveis  
 $x_i$  = valores normalizados das variáveis

#### 4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir da sobreposição dos mapas são efetuadas as análises, correlações e síntese das variáveis constantes da carta final a fim de se identificar a adequação da área em estudo para implantação de projetos de ecoturismo.

Para a elaboração do mapa de adequação foram definidas cinco classes (adaptadas de Ross, 1994):

- **Muito Alta:**  
São áreas com elevado grau de resiliência que suportam as perturbações ambientais hoje registradas mantendo a estrutura, o padrão de organização e o equilíbrio dinâmico pouco alterados.  
Alta:  
São áreas cujas características apresentam poucas restrições à implantação de trilhas. Mostram poucos impactos ambientais com manutenção do equilíbrio dinâmico
- **Média:**  
São áreas que já apresentam sinais preocupantes quanto às questões ambientais. No entanto, suas características permitem ainda a manutenção dos níveis de fragilidades em condições aceitáveis. Estas áreas necessitam de monitoramento para que o equilíbrio dinâmico não seja ainda mais afetado e os impactos ambientais venham a diminuir
- **Baixa:**  
São áreas onde já se registram impactos ambientais. Correspondem a áreas com elevado grau de comprometimento cujo equilíbrio dinâmico foi substancialmente afetado, apresentando baixíssimas possibilidades de reversão do quadro ambiental
- **Muito Baixa:**

São áreas que têm pouquíssimas condições de absorção de impactos ambientais aonde a implantação de trilhas não é recomendada. Têm baixíssimo grau de resiliência com poucas condições de retomada do padrão de organização e estrutura inicial.

A Tabela 4.5 mostra os intervalos definidos para a classificação da adequação.

**Tabela 4.5** – Classes de adequação final das áreas

Classes de Adequação	Valores dos intervalos
Muito baixa	$\geq 0,0$ e $< 0,2$
Baixa	$\geq 0,2$ e $< 0,4$
Média	$\geq 0,4$ e $< 0,6$
Alta	$\geq 0,6$ e $< 0,8$
Muito alta	$\geq 0,8$ e $\leq 1,0$

## 5. ESTUDO DE CASO A REGIÃO DA REPRESA DO 29

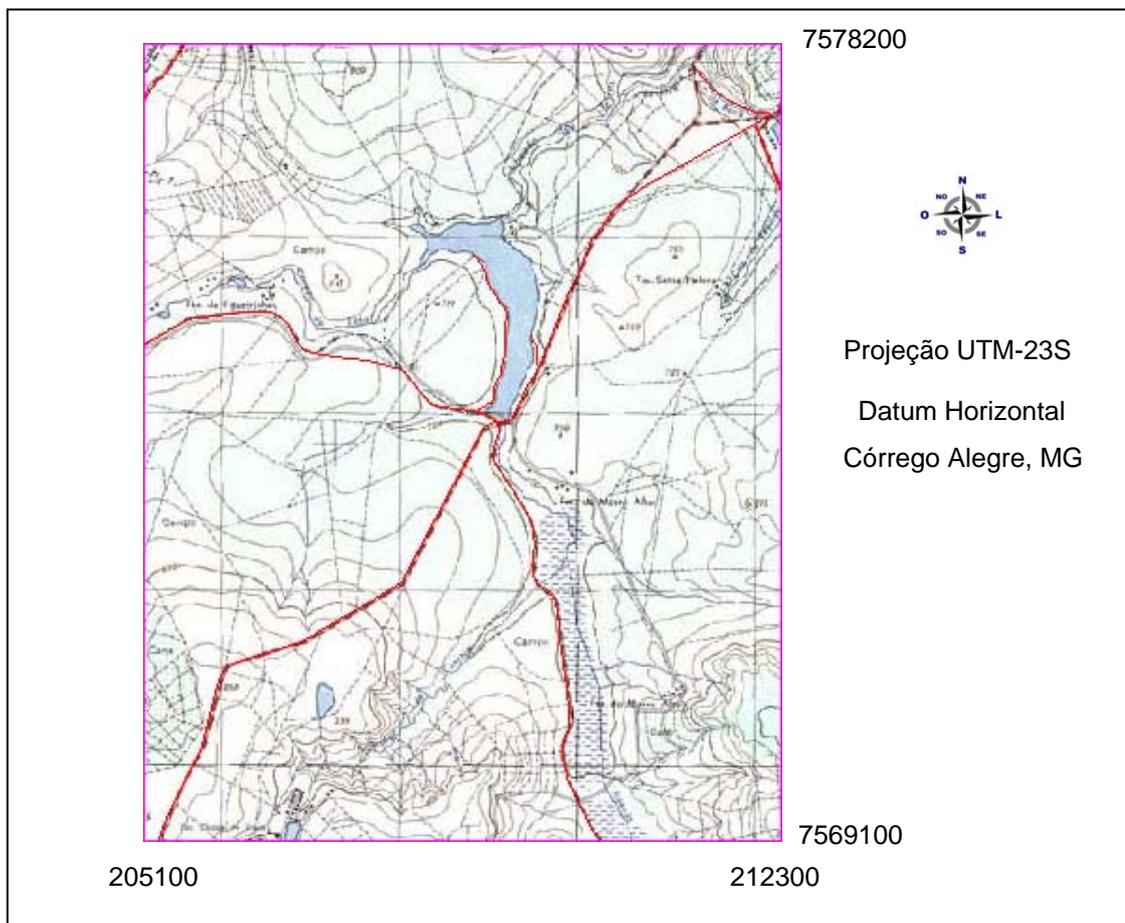
A área escolhida para o estudo de caso tem 65,52 km<sup>2</sup> e localiza-se na bacia hidrográfica do Ribeirão dos Negros, no município de São Carlos, SP entre as coordenadas planas (UTM – Monte Alegre) 7.569.100 a 7.578.200 Sul, 205.100 a 212.300 Oeste - Zona UTM 23 (Figura 5.1).



Fonte: Lima 2002

**Figura 5.1** - Localização da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Negros.

A Figura 5.2 mostra, em detalhe a área de estudo, com a indicação das principais vias de acesso.



**Figura 5.2** – Detalhe da área de estudo com as principais vias de acesso

### 5.1 A REGIÃO DA REPRESA DO 29

A Represa do 29 tem aproximadamente 1 km<sup>2</sup> e localiza-se a cerca de 15 km da cidade de São Carlos na direção norte. É assim denominada (segundo os habitantes mais antigos da região) por ficar no km 29 de uma antiga estrada de ferro que ligava São Carlos à Santa Eudoxia. A represa é muito procurada para recreação e passeios ecológicos em fins de semana e feriados. Atualmente não há uma preocupação com a preservação ambiental e seria muito importante alguma ação preventiva (um planejamento de turismo para a área) antes que houvesse um dano irreversível para o meio ambiente.

Algumas fotos da região estão mostradas nas figuras 5.3 a 5.6.



**Figura 5.3** – Ribeirão dos Negros e ao fundo a Represa do 29



**Figura 5.4** – Represa do 29 e ao fundo uma área de preservação com mata nativa



**Figura 5.5** – Área de recreação da represa junto a uma área de cerrado



**Figura 5.6** – Represa e área de mata nativa

## **5.2 ELABORAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS**

O Sistema de Informações Geográficas utilizado para a elaboração dos mapas temáticos e análise dos resultados foi o SPRING 4.3.2, desenvolvido pelo INPE/DPI (INPE, 2006). A versão SPRING 4.3.2 é estruturada em 4 módulos: SPRING; IMPIMA, SCARTA e IPLOT.

O SPRING é um software que possui funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais. Foi idealizado para aplicações em Agricultura, Floresta, Gestão Ambiental, Geografia, Geologia, Planejamento Urbano e Regional.

O motivo da escolha do SPRING para este projeto foi por sua facilidade de aprendizado, por fornecer um ambiente unificado de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto para aplicações urbanas e ambientais e por ser um software livre.

No software SPRING os dados foram georreferenciados utilizando-se como padrão coordenadas planas e datum Córrego Alegre, as mesmas utilizadas nas cartas básicas utilizadas. O Apêndice 2 descreve em detalhes o processo utilizado para a elaboração dos mapas.

### **5.2.1 Mapa de Declividade**

O mapa de declividade foi elaborado através da digitalização das curvas de nível de 5 em 5 metros, na escala 1:10.000, a partir das 4 cartas topográficas que compõem a área de estudo (ver mapas no Apêndice 1).

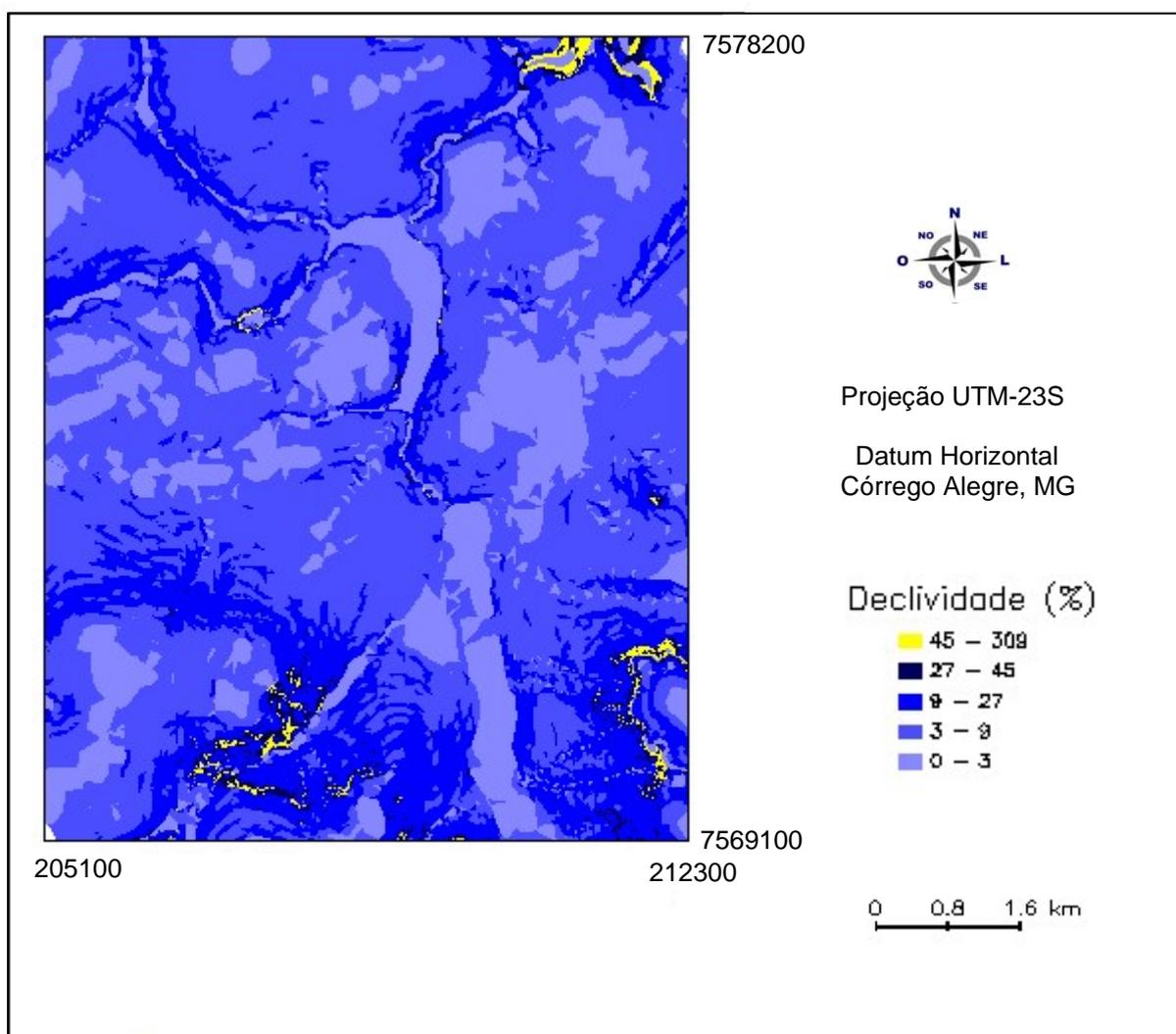
A digitalização foi realizada no software Autodesk AutoCAD Map 2004, tendo como base as seguintes folhas topográficas do IGC:

- Represa do Lobo (SF-23-V-C-IV-3-SE-A)
- Córrego Cajuru (SF-23-V-C-IV-3-SE-B)
- Córrego do Engenho Velho (SF-23-V-C-IV-3-SE-C)
- Fazenda Morro Alto (SF-23-V-C-IV-3-SE-D)

Estas folhas foram obtidas junto ao Instituto Geográfico e Cartográfico da Secretaria de Economia e Planejamento do Estado de São Paulo, na escala 1:10.000, com isolinhas altimétricas de 5 em 5 metros. Para integração com o software Spring, as isolinhas foram gravadas em formato DXF.

Após a importação das isolinhas para o software SPRING 4.3.2, foram realizados os procedimentos para geração do mapa de declividade, que consiste basicamente em gerar uma grade triangular, criar a matriz de declividade e gerar as classes temáticas dos intervalos de declividade escolhidos.

A Figura 5.7 mostra o Mapa de Declividade da área de estudo.



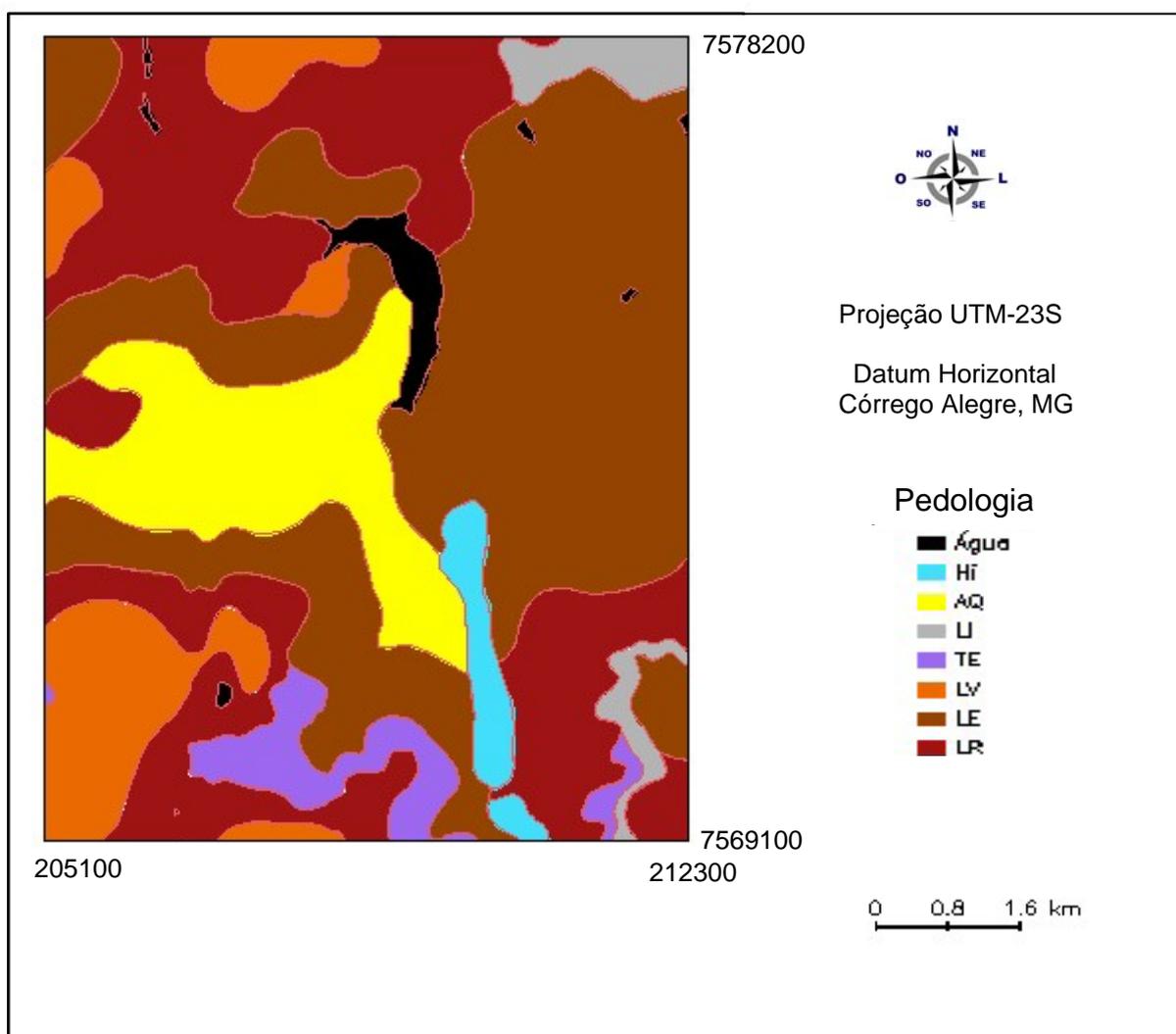
**Figura 5.7 – Mapa de declividades**

### 5.2.2 Mapa Pedológico

O mapa pedológico utilizado neste estudo de caso foi elaborado por Muro (2000). Segundo o autor, o mapa é apenas uma ampliação do mapa original (1:100.000) elaborado por Oliveira e Prado (1984), de forma que as unidades ficassem mais visíveis (o mapa está mostrado no Apêndice1).

Esta carta foi inserida e georreferenciada no software Autodesk AutoCAD Map 2004, utilizando pontos de referência levantados em campo com um GPS (Garmin GPSMAP 765). Este tipo de equipamento oferece uma precisão de 3 metros, que foi considerada adequada para os objetivos dessa pesquisa.

O mapa produzido foi gravado em formato DXF e importado para o SPRING 4.3.2 (Figura 5.8)



**Figura 5.8 – Mapa Pedológico**

**Tabela 5.1 - Percentual de ocorrência das classes de Solo**

<b>Tipos de Solos</b>	<b>% da Área</b>
Latossolo Roxo - LR	28,12
Latossolo Vermelho escuro - LE	40,74
Latossolo Vermelho amarelo - LV	8,81
Argissolos - TE	3,76
Neossolos (Litólicos) - Li	2,72
Neossolos (Areias Quartzosas) - AQ	11,93
Gleissolos (Solos hidromórficos) - Hi	2,23
Água	1,69

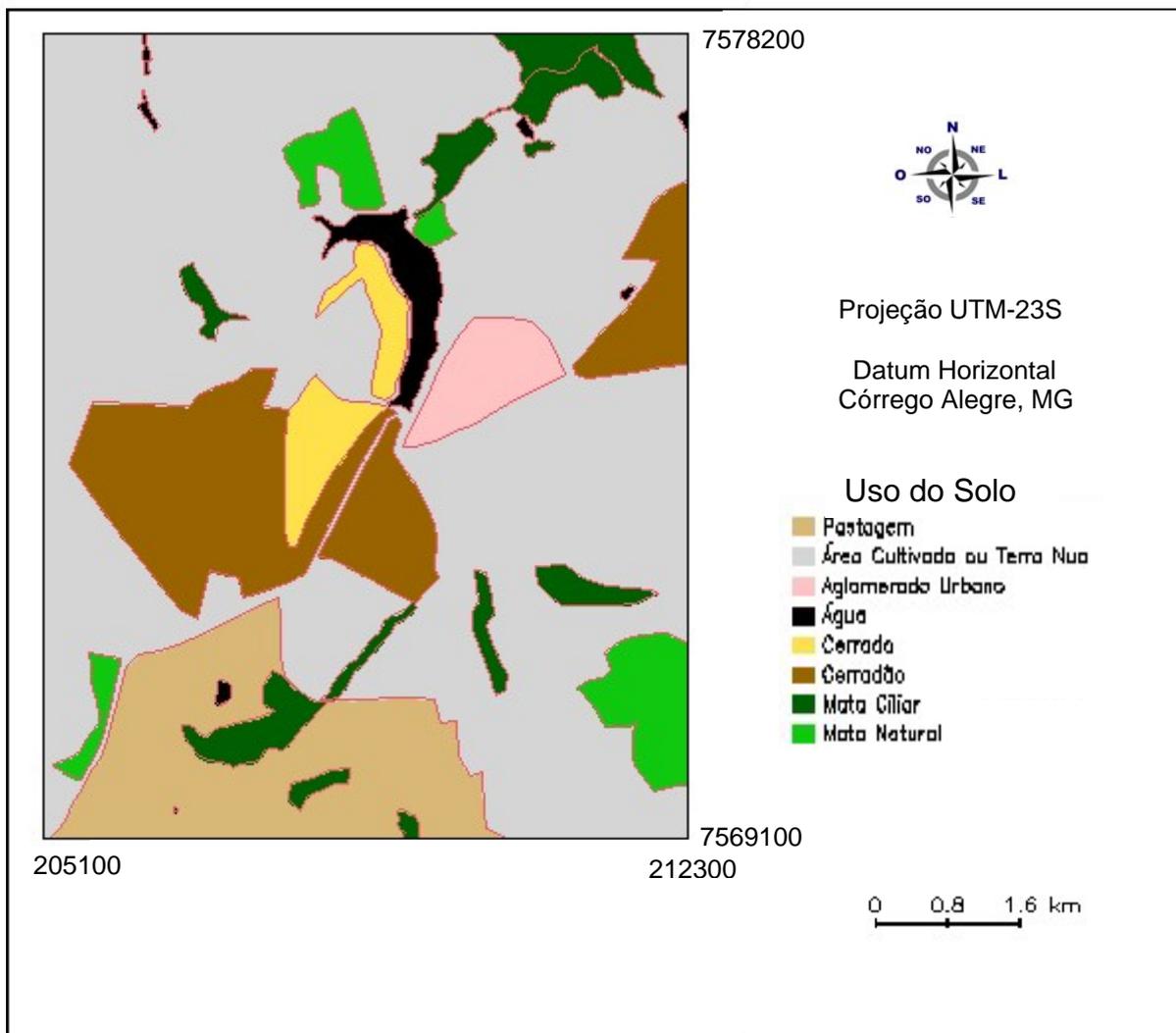
Obs. Aonde havia mistura de solos foi considerado o solo predominante.

### **5.2.3 Mapa de Cobertura Vegetal e Uso do Solo**

Para a obtenção do mapa de cobertura vegetal e uso do solo foram utilizados o mapa obtido do Google Earth e o mapa da vegetação atual do município de São Carlos na escala de 1:2.000.000 fornecido pelo Prof. João Juarez Soares do Dep. de Botânica da UFSCar (mapas estão mostrados no Apêndice 1). Foi feita também uma pesquisa em campo para confirmar os tipos de cobertura utilizados.

Para a pesquisa em campo foi considerado que o cerrado apresenta, geralmente, paisagem com árvores tortuosas, de cascas grossas e gretadas, interrompidas de longe em longe por uma ou outra árvore de porte mais ereto. O cerradão diferencia-se do cerrado por ser uma formação florestal com as copas das árvores se tocando e criando sombra, enquanto o estrato herbáceo/arbustivo é muito pobre e rarefeito (BARBOSA, 2004).

O mapa foi digitalizado no software Autodesk AutoCAD Map 2004, foi gravado em formato DXF e importado para o SPRING 4.3.2 (Figura 5.9).



**Figura 5.9 – Mapa da Cobertura Vegetal / Uso do Solo**

**Tabela 5.2 – Percentual de ocorrência das classes de Cobertura Vegetal / Uso do Solo**

<b>Tipo de Cobertura Vegetal</b>	<b>% da Área</b>
Florestas / Matas naturais	3,94
Área Urbanizada	2,13
Cerradão	11,94
Campos / Cerrado	2,46
Capoeira / Mata ciliar	5,13
Área cultivada /Terra nua	60,53
Pastagem	12,18
Água	1,69

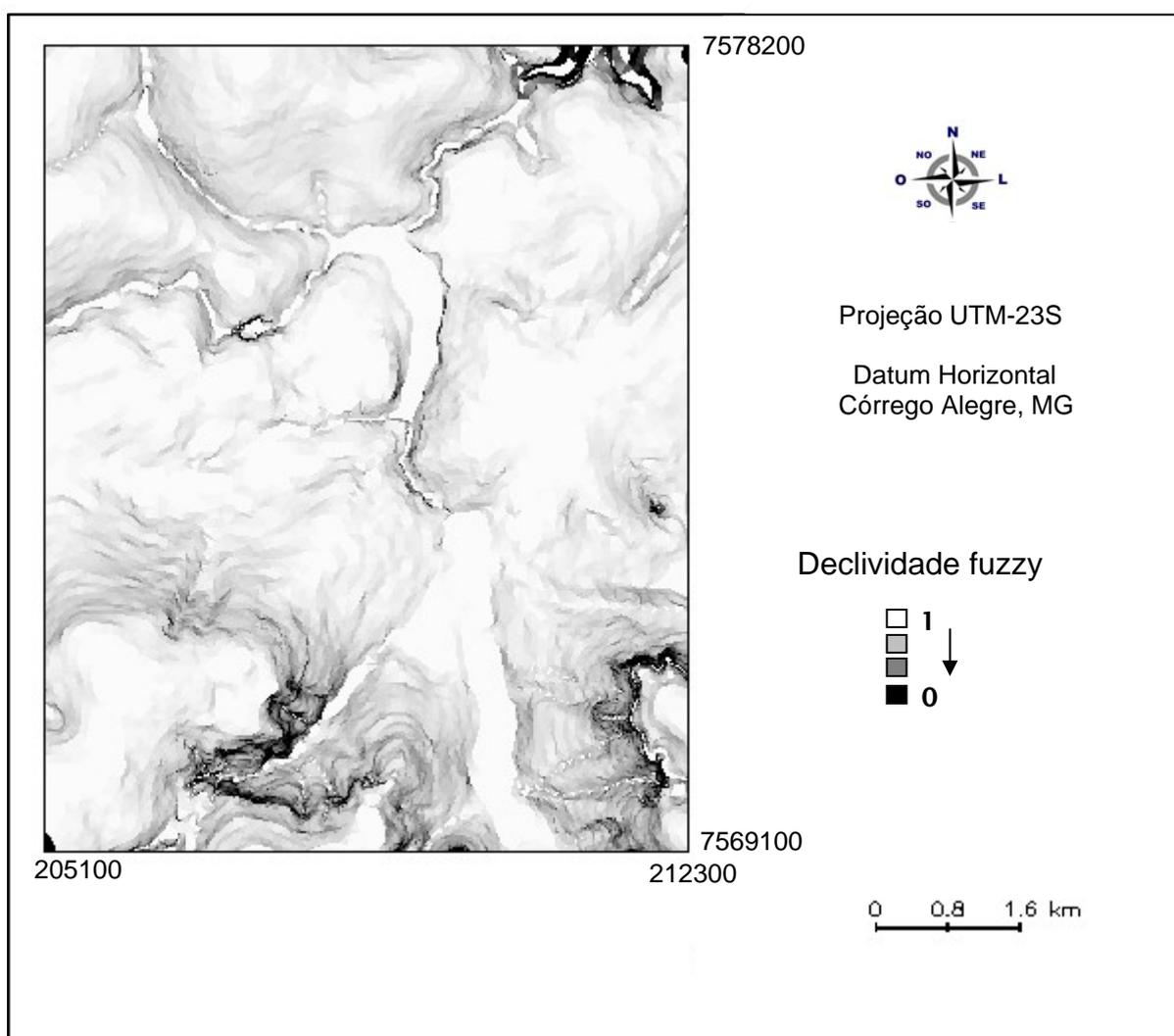
### 5.3 ELABORAÇÃO DOS MAPAS *FUZZY*

Os 4 mapas temáticos produzidos foram transformados para o formato *fuzzy*, conforme previsto na metodologia (item 4.3).

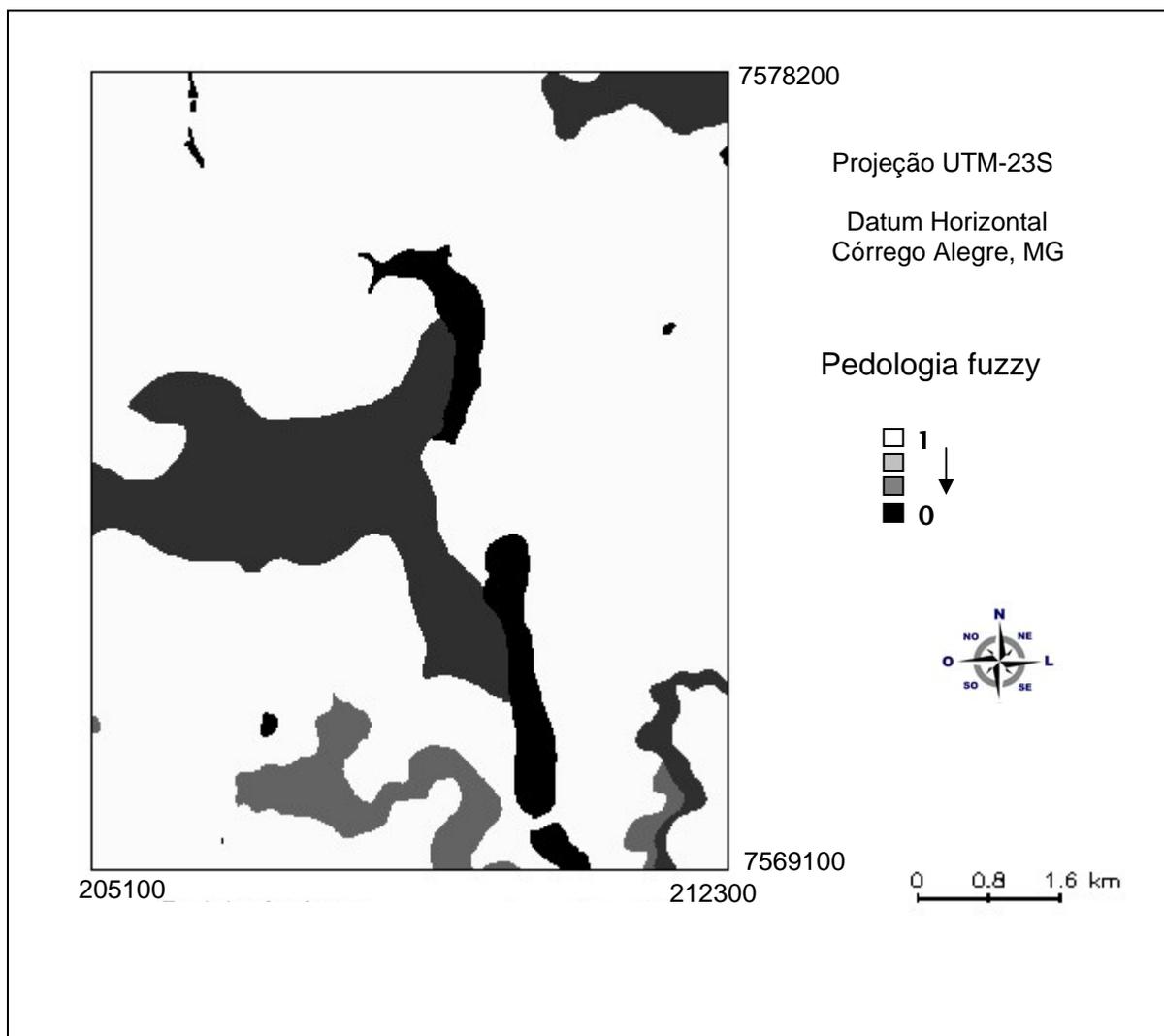
As informações contidas ns mapas pedológico e de uso do solo foram convertidas para a forma matricial no programa SPRING 4.3.2. O mapa de declividade já dispunha de informações na forma matricial.

A partir dessas matrizes, as informações obtidas foram transformadas para o formato *fuzzy*, através de rotinas elaboradas na linguagem LEGAL, do programa SPRING 4.3.2 com base nas funções de pertinência e classificações descritas no Capítulo 4 (Ver Apêndice 2).

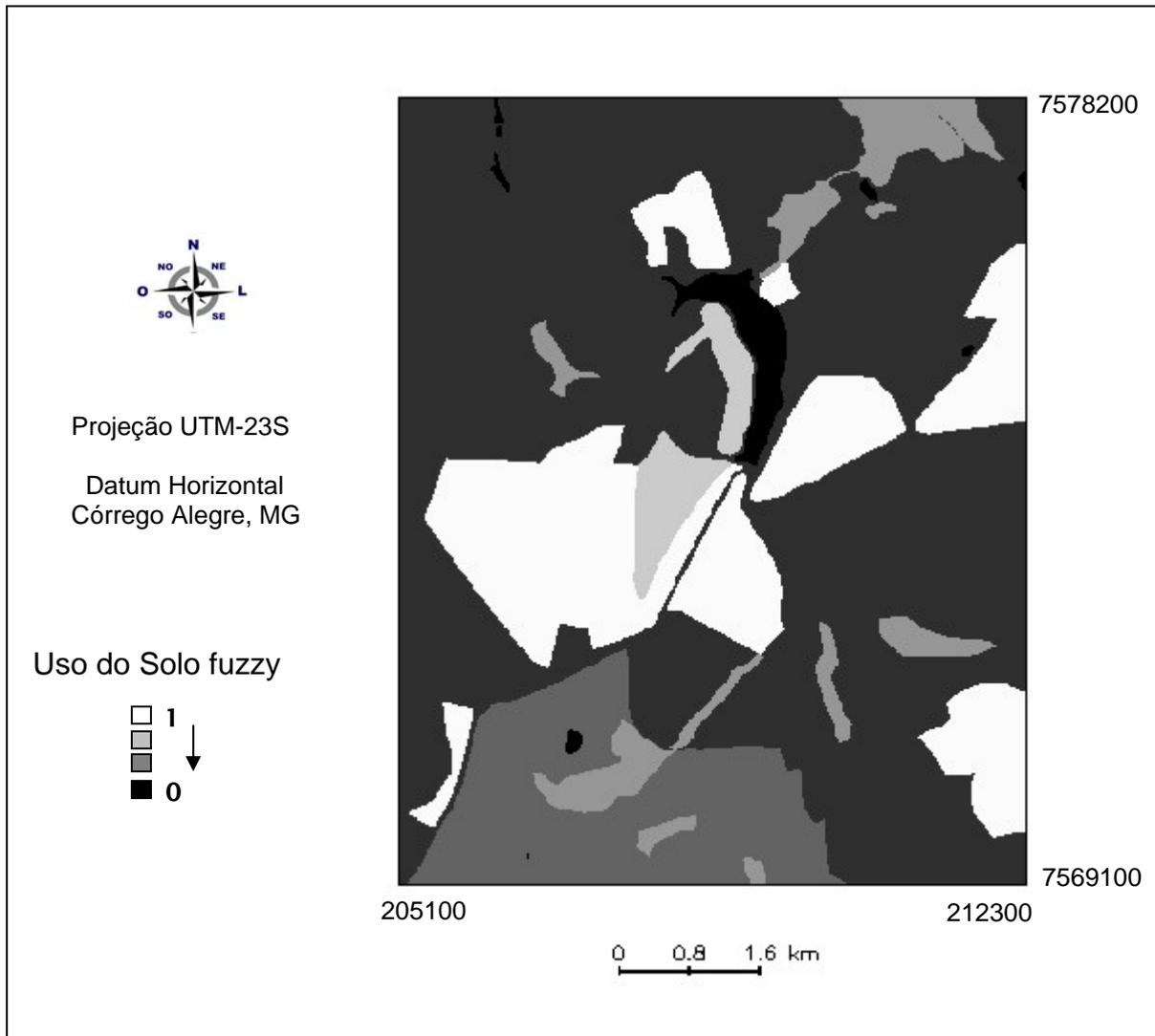
Os mapas obtidos são mostrados nas Figuras 5.10 a 5.12.



**Figura 5.10** – Mapa da declividade *fuzzy*



**Figura 5.11** – Mapa da pedologia *fuzzy*



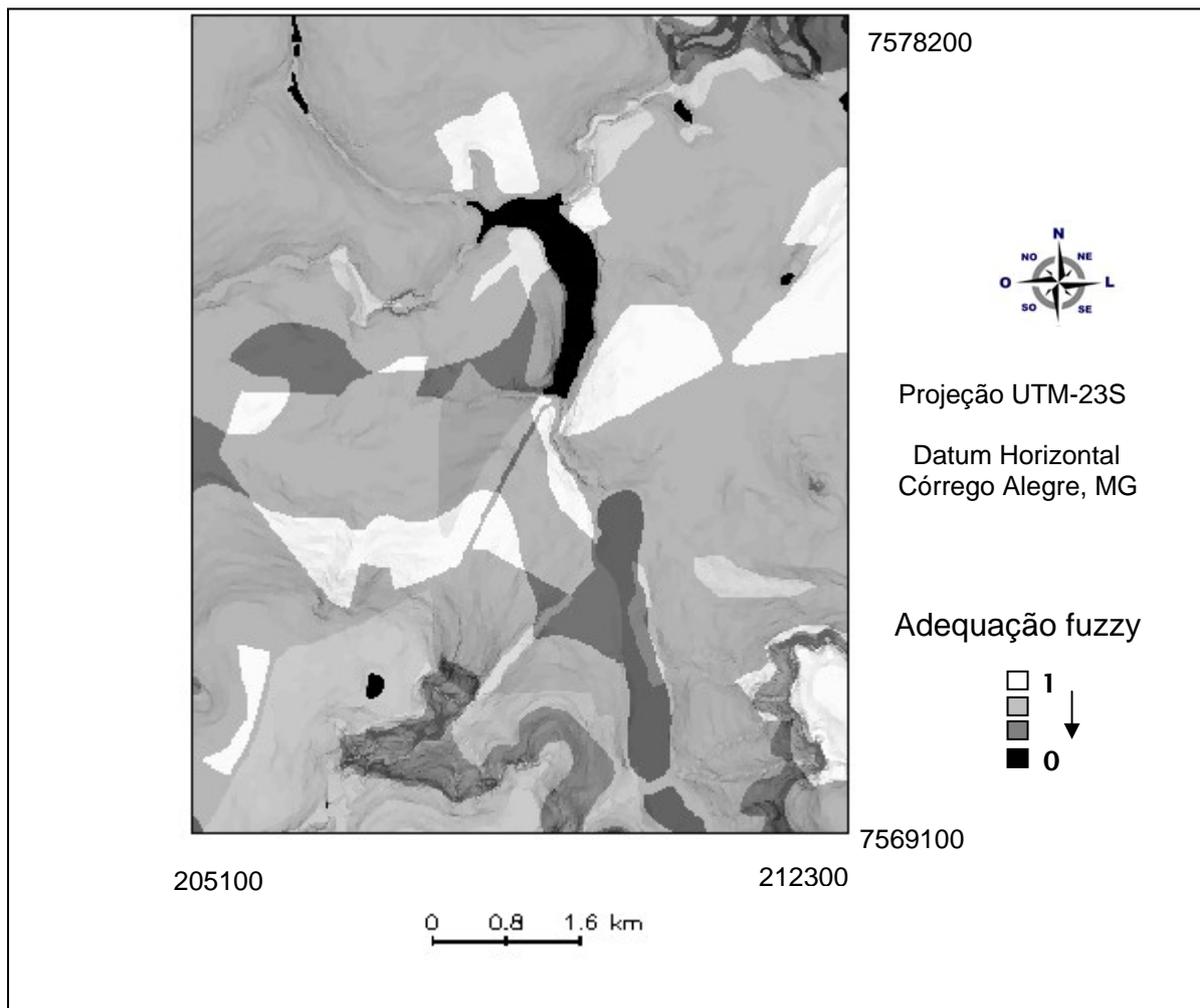
**Figura 5.12** – Mapa da cobertura vegetal e uso do solo *fuzzy*

#### 5.4 ELABORAÇÃO DO MAPA DE ADEQUAÇÃO DA ÁREA

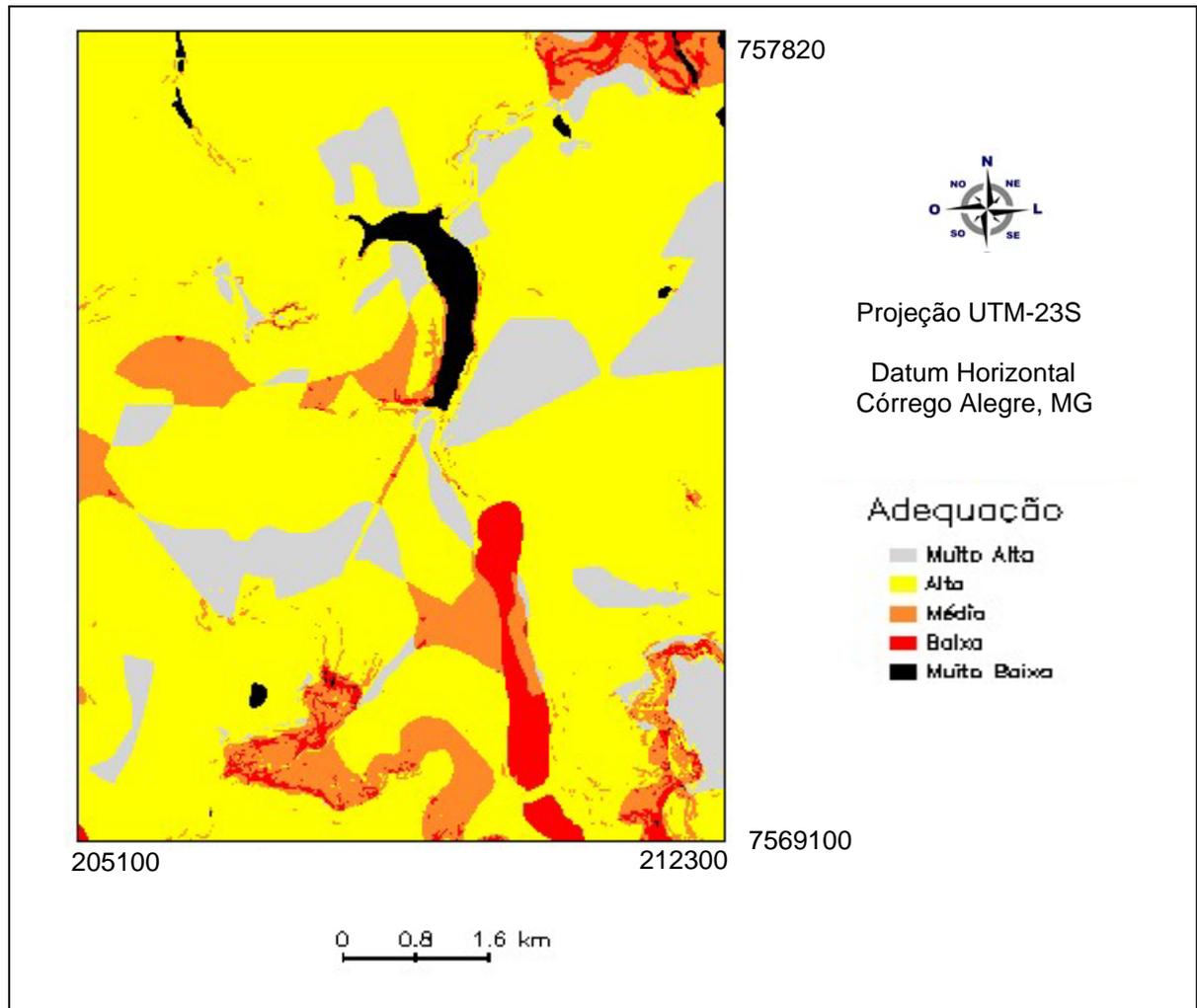
Para a geração dos mapas finais de adequação da área em estudo, os mapas padronizados (*fuzzy*) foram agregados através de Combinação Linear, considerando todas as características com o mesmo peso.

Para esta etapa também foi elaborada uma rotina na linguagem LEGAL, do programa SPRING 4.3.2 (ver Apêndice 2).

Os produtos finais (Mapa *fuzzy* e Mapa temático) são apresentados nas figuras 5.13 e 5.14. Na elaboração do Mapa Temático foram utilizadas as classes descritas na Tabela 4.5.



**Figura 5.13** – Mapa *fuzzy* de adequação da área para atividades ecoturísticas



**Figura 5.14** – Mapa temático de adequação da área para atividades ecoturísticas

## 5.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A maior parte da declividade na região estudada é menor que 9% e apenas nos barrancos de rios e na Pedreira Bandeirantes são observados valores maiores que 150%. A baixa declividade caracteriza uma área com fragilidade fraca (mais adequadas para atividades ecoturísticas).

Nos mapas pedológicos observa-se que grande parte da área em estudo ( $\approx 78\%$ ) é constituída de solo do tipo Latossolo. Este tipo é o mais adequado para as atividades turísticas.

Os mapas de cobertura vegetal e uso do solo mostram que grande parte da área é de agricultura ou terra nua ( $\approx 60\%$ ) que não são adequadas para usos recreativos, já que consideramos que quanto maior a densidade de cobertura vegetal, maior será a proteção do solo.

Nos mapas de adequação fica evidente a relevância da cobertura vegetal e uso do solo no cômputo final. As áreas urbanizadas, de mata nativa e de cerradão têm uma adequação alta ou muito alta. O reflexo do tipo de solo é evidenciado na região do solo hidromórfico, que por ser muito frágil faz com que a adequação seja baixa.

Este estudo de caso mostrou que grande parte da área da Represa do 29 tem adequação de alta a muito alta portanto com potencial para serem visitadas sem causar impacto ambiental. São poucas as outras regiões precisariam ser monitoradas e terem o seu uso restrito a situações específicas.

## 6. CONCLUSÕES

---

O objetivo principal dessa pesquisa era descrever uma metodologia para análise dos impactos ambientais acarretados por atividades de ecoturismo, que pudesse ser facilmente utilizada por turismólogos e gestores de turismo.

Neste contexto, podem ser feitas as seguintes considerações sobre os resultados obtidos:

### 6.1 COM RELAÇÃO À METODOLOGIA DESCRITA

- A metodologia empregada revelou-se bastante satisfatória para o atendimento dos objetivos do trabalho, permitindo a visualização espacial dos resultados expressos pelas classes de adequação.
- O método da avaliação multi-critério, utilizando a lógica *fuzzy*, aplicado em conjunto com um Sistema de Informações Geográficas permitiu o tratamento das informações relativas às diversas variáveis características de uma área que podem influenciar em sua adequação para ecoturismo.
- Outro aspecto importante da metodologia descrita é o fato de ser baseada em um SIG (SPRING) de distribuição gratuita, com suporte técnico também gratuito, facilitando seu uso pela maioria dos municípios brasileiros.
- As variáveis utilizadas para avaliação dos impactos foram selecionadas com base na bibliografia consultada e são as mais utilizadas em estudos de impacto ambiental. Outras variáveis podem ser incluídas na análise se a área que está sendo analisada tiver alguma característica específica que mereça destaque. Uma das vantagens da metodologia proposta é justamente permitir a fácil inclusão de outros critérios de avaliação de impactos para atender às características do ambiente em estudo. Podem ser estabelecidas, também, outras classes de adequação, de acordo com o local de estudo.
- Com a utilização da lógica *fuzzy* as limitações inerentes aos limites rígidos próprios da lógica *booleana* são contornadas através de transições gradativas entre as classes das variáveis representadas nos mapas temáticos. A grande vantagem reside na possibilidade de avaliar o espaço geográfico continuamente, e não através de limites rígidos.

- Quanto às recomendações para desenvolvimento deste tema de pesquisa, é conveniente lembrar a disponibilidade, cada vez maior, de produtos obtidos por sensoriamento remoto, que podem ser muito úteis no detalhamento das áreas de estudo, para identificar trilhas, cachoeiras, paredões, etc.

## **6.2 COM RELAÇÃO AO ESTUDO DE CASO**

- Os critérios utilizados para ponderar a importância das variáveis foram arbitrários, com base na literatura pesquisada. O ideal é que seja feita uma pesquisa com especialistas em áreas como turismo, ecologia, engenharia ambiental para identificar a opinião desses profissionais sobre a importância relativa dos diversos impactos.
- Infelizmente no Brasil os mapas existentes ainda são muito restritos. Muitas vezes é preciso trabalhar com o possível e não com o ideal. De qualquer modo, mesmo com bases cartográficas não muito precisas ou atualizadas os resultados obtidos podem ser válidos para análises preliminares. Trabalhos em campo podem complementar as informações necessárias para um projeto de trilhas mais detalhado.

O ecoturismo é reconhecido como uma atividade de baixo impacto, capaz de contribuir para o desenvolvimento sustentável de uma região. No entanto, a implantação de infra-estrutura e programas para ecoturismo sem o necessário planejamento pode causar sérios impactos ambientais, comprometendo a integridade dos recursos e a própria continuação da atividade turística.

Espera-se que o resultado desse trabalho de pesquisa possa ser útil para turismólogos e gestores de turismo visando o planejamento e a implantação de atividades turísticas em ambientes naturais.

## 7. REFERÊNCIAS

---

- ALAVALAPATI, J.; ADAMOWICZ, W. (2000) Tourism impact modeling for resource extraction regions. *Annals of Tourism Research*, Vol. 27, No. 1, pp. 188-202
- AL-SAYED, M.; AL-LANGAWI, A. (2003) Biological resources conservation through ecotourism development, *Journal of Arid Environments* 54, p.225–236.
- ARROWSMITH, C.; INBAKARAN, R. (2002) Estimating environmental resiliency for the Grampians National Park, Victoria, Australia: A quantitative approach *Tourism Management* 23 pp. 295-309.
- BATTY, M. (2002) Using Geographical Information Systems, in N. Clifford and G. Valentine (eds) *Research Methods in Human and Physical Geography*, Sage Publications, London.
- BAHAIRE, T.; ELLIOTT-WHITE, M. (1999) The Application of Geographical Information Systems (GIS) in Sustainable Tourism Planning: A Review, *Journal of Sustainable Tourism* Vol. 7, n. 2, p. 159-174.
- BARBOSA, A. M. (2004) *Subsídios para o Planejamento em Ecoturismo na Região do Médio Rio Grande, Minas Gerais, Utilizando Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto*, Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, INPE, São José dos Campos.
- BARBOSA, A.; SOARES, J.; MEDEIROS, J. (2003) Utilização de Sistemas de Informações Geográficas e produtos de sensoriamento remoto como subsídio para planejamento em ecoturismo no Município de Capitólio – MG, *Anais XI SBSR*, Belo Horizonte, p. 551-558.
- BATHKE, M. E. M. (2002) *O Turismo Sustentável Rural como Alternativa Complementar de Renda à Propriedade Agrícola - Estudo de Caso – Fazenda Água Santa São Joaquim-SC*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.
- BINELLI, A.A.; PINHO, A.M.; MAGRO, T.C. (1997) Adaptação do método de Miguel Cifuentes para determinação da capacidade de carga em trilhas do Município de Brotas/SP. Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, Curitiba, PR, p. 358-369.
- BRITO, J. L. S. (2003) Elaboração de um mapa de fragilidade emergente e potencial da Bacia do Ribeirão Bom Jardim, Triângulo Mineiro-MG utilizando geoprocessamento, *X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, CD-ROM.
- BUCKLEY, R. (2003) Ecological Indicators of Tourist Impacts in Parks, *Journal of Ecotourism* Vol. 2, No. 1, p. 54-66.
- BURROUGH, P.A. E MCDONNELL, R. A. (1998) *Principles of Geographical Information Systems*, Oxford University Press.

- CALIJURI, M. L. (2007) Proposta metodológica para geração da carta de fragilidade ambiental, utilizando lógica fuzzy e combinação linear ponderada, *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, p. 3311-3318.
- CÉSAR, P. A. B. et al (2007) *Ecoturismo*, IPSIS, São Paulo.
- CIFUENTES, M (1992) Determinación de Capacidad de Carga Turística in Áreas Protegidas, CATIE Série Técnica – Informe Técnico, p. 18-35.
- COLE, D.N. (1994) *The Wilderness Threat Matrix – A Framework for Assessing Impacts*, disponível em [http://www.fs.fed.us/rm/pubs/int\\_rp475/](http://www.fs.fed.us/rm/pubs/int_rp475/), acesso em 04 de agosto de 2006.
- COLE, D.N. (1995) Experimental trampling of vegetation: relationship between trampling intensity and vegetation response, *Journal of Applied Ecology*, v 32, p. 203-224.
- COVALITE, A. P. (2006) *Contribuição do Geoprocessamento para Criação de Roteiros Turísticos nos Caminhos de Peabiru – PR*, Dissertação de Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento da Universidade Estadual de Londrina.
- CREPANI, E. et al (2001) *Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial*, Relatório INPE-8454-RPQ/722, Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais
- DECANINI, M. M. S. (2001) SIG no planejamento de trilhas no parque estadual de Campos do Jordão, *Revista Brasileira de Cartografia*, No 53, pp. 97-110.
- DELUCA, T. H.; FREIMUND, W. A.; COLE, D. N. (1998). Influence of llamas, horses and hikers on soil erosion from established recreation trails in Western Montana. *Environmental Management*, v.22, n.2, p.255-262.
- DIXON, G.; HAWES, M.; MCPHERSON, G. (2004) Monitoring and modelling walking track impacts in the Tasmanian Wilderness World Heritage Area, Australia, *Journal of Environmental Management* 71, p. 305–320.
- DONHA, A.; SOUZA, L.C.; SUGAMOSTO, M. L. (2006) Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.1, p.175–181.
- EMBRAPA (1999) *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*, Embrapa Produção de Informação, Brasília.
- EMBRATUR, Empresa Brasileira de Turismo (1994) *Diretrizes para uma Política Nacional de Ecoturismo*.
- EMBRATUR, Empresa Brasileira de Turismo (2002). *Diretrizes para uma Política Estadual de Ecoturismo*. In: *Ecoturismo na mata Atlântica: Um Guia Interativo do Vale do Ribeira*.
- FAGUNDES, F. R. et al (2007) Proposta metodológica para a definição de traçados alternativos de trilhas no Parque Estadual de Terra Ronca (GO) a partir de rotinas de apoio

à decisão em Sistemas de Informações Geográficas, *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, Brasil, p. 2541-2548.

- FERES, R. (2002) *Análise de Processos e Erosão Acelerada, com Base em Fotografias Aéreas e Geoprocessamento: Bacio do Rio Bonito (Descalvado, SP)*. Tese de Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos.
- FERGUSON, J. (1998) *Location and Design of Recreational Trails: Application of GIS Technology*, Master of Science Thesis in Geography, Virginia Polytechnic Institute and State University
- FIGUEIREDO, G. C. et al (2006) Caracterização da Fragilidade Ambiental Utilizando Sistema de Informações Geográficas, *COBRAC 2006 - Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário*, Florianópolis.
- FREIXÊDAS-VIEIRA, V.M.; PASSOLD, A.N.; MAGRO, T.C. (2000) Impactos do uso público: um guia de campo para utilização do método VIM, Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, Campo Grande, MS, p. 297-306.
- GHEZZI, A. L. (2003) Avaliação e Mapeamento da Fragilidade Ambiental da Bacia do Rio Xaxim, Baía de Antonina – PR, com o Auxílio de Geoprocessamento, Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo, Universidade Federal do Paraná.
- HALL, DEREK R. (2001). Conceptualizing tourism transport: inequality and externality issues. *Journal of Transport Geography* 7, p. 181-188.
- HAMMIT, W.E.; COLE, D.N. (1998) *Wildland Recreation: Ecology and Management*, J. Wiley, New York.
- HILLERY, M. et al (2001) Tourist perception of environmental impact, *Annals of Tourism Research*, Vol. 28, nº 4, p. 853–867.
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2006) *Manual do Usuário SPRING*, disponível em <http://www.dpi.inpe.br/SPRING>.
- JAMEL, C. C. G. et al (2007) Utilização da técnica de avaliação multi-critério em ambiente SIG como apoio ao zoneamento e manejo de unidades de conservação - o caso do Parque Estadual dos Três Picos – RJ,
- KAWAKUBO, F. S. et al (2005) Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento, *Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Goiânia, p. 2203-2210.
- KUSS, F.R.; GRAEFE, A.R.; VASKE, J.J. (1990) *Visitor Impact Management: A Review of Research*, National Parks and Conservation Association, Washington, D.C.
- LEUNG, Y. (1998) Assessing and Evaluating Recreation Resource Impacts: Spatial Analytical Approaches, *Dissertation submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University Doctor of Philosophy in Forestry*

- LIU, W.; TORRECILHA, S; AYRES, F. (2002) *Planejamento e Manejo do Parque Estadual das Nascentes do Rio Taquari*, Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, MS, Brasil.
- MAGANHOTTO, R. F. et al (2007) Fragilidade de trilhas em áreas naturais protegidas: Estudo de caso da reserva ecológica Itaytyba – RPPN, *Revista Eletrônica Geografar*, Curitiba, v.2, n.1, p.22-41, [www.ser.ufpr.br/geografar](http://www.ser.ufpr.br/geografar)
- MEYER, K.J. (2004) *An Evaluation of Methods for Estimating Ground Cover and Soil Compaction as Visitor Impact Indicators*, Tese de Mestrado, North Carolina State University.
- MTur – Ministério do Turismo (2006) *Turismo no Brasil 2007 – 2010*.
- MURO, M. D. (2000) *Carta de zoneamento para seleção de áreas frente à instalação de aterros sanitários no município de São Carlos, SP, Escala 1:50.000*, Dissertação de Mestrado em Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, USP
- NARDI, R.M.C. (1999). *Caracterização Ambiental de Áreas Cênicas como Subsídio para o Planejamento de Atividades Turísticas: o Caso do Município de Analândia, SP*. São Carlos, UFSCar, Dissertação de Mestrado, 105p.
- NPS - National Park Service (1997) VERP– The visitor experience and resource protection framework: A Handbook for Planners and Managers, disponível em <http://www.nps.gov/planning/verp/handbook.pdf>, acesso em 10 de fevereiro de 2006.
- ODUM, E.P. (1997) *Fundamentos de Ecologia*, 5 ed., Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- OLIVEIRA, S. D. (2001) *Análises espaciais como apoio à gestão turística da Ilha de Santa Catarina*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 120p.
- OLIVEIRA, J.; PRADO, H. (1984) *Levantamento Pedológico Semi-detalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de São Carlos II, Memorial Descritivo*. Instituto Agrônomo de Campinas, SP, Boletim Técnico 98.
- OMT (1994) *Desenvolvimento de Turismo Sustentável: Manual para Organizadores Locais*.
- ORAMS, M.B. (1995). Towards a more desirable form of ecotourism. *Tourism Management*, v.16, n.1, p.3-8.
- PEREIRA, A. C.; DIAS, L.A.V. E DALMOLIN, Q. (1999). Aplicação do Programa Spring (INPE) no Mapeamento de Informações Turísticas – O Caso do Município de São Sebastião, Litoral Norte de Estado de São Paulo. *Anais do V Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento da América Latina*, Salvador, BA.
- RAMOS, R.A.R., RODRIGUES, D.S. *Uma introdução às técnicas de avaliação multicritério para planejamento urbano, territorial e de transportes*. São Carlos: USP/Departamento de Transportes, Notas de Aula.

- RIBEIRO, C. A. A. S. et al (2005) O desafio da delimitação de Áreas de Preservação Permanente, *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.29, n.2, p.203-212.
- RICHARDSON, A.J.; AMPT, E.S. E MEYBURG, A.H. *Survey Methods for Transport Planning*, Eucalyptus Press, Australia, 1995.
- RIEKSTIN, A. C E SANCHES, S. P. (2004). *Implementação de um banco de dados turísticos do município de São Carlos, SP em ambiente SIG*. Relatório final de bolsa de Iniciação Científica – PUIC – UFSCar.
- RIZZINI, C.T. (1976) *Tratado de Fitogeografia do Brasil: Aspectos Ecológicos*, Hucitec/EDUSP, São Paulo.
- RODRIGUES, A.B. (1997a). *Turismo e Ambiente: Reflexões e Propostas*. São Paulo, Editora Hucitec.
- RODRIGUES, D. S.; SILVA, A. N.R.; MENDES, J. F.G. (2002) Avaliação multicritério e SIG vetorial: uma alternativa para planejamento de transportes. *Anais do XVI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, Natal, v.2, p.471-482.
- ROSALEN, D.L. (2002) *Utilização de um Sistema de Informações Geográficas Associado à Equação Universal de Perda de Solo no Planejamento do Ecoturismo no Município de Santo Antonio do Pinhal – SP*. São Carlos, UFSCar, Tese de Doutorado, 276 p.
- ROSS, J. L. S. (1994). Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. *Revista do Departamento de Geografia* n.8, FFLCH-USP, São Paulo.
- RUSCHAMANN, D. M. (1997). *Turismo e Planejamento Sustentável: a Proteção do Meio Ambiente*. São Paulo, Ed. Papirus.
- SAATY, T.L. (1980) *The Analytic Hierarchy Process*, Mc-Graw Hill, New York.
- SANTOS JUNIOR, A. P.; RIBEIRO, J (2006) Análise dos impactos ambientais do turismo em uma área protegida na Amazônia, *Caderno Virtual de Turismo* Vol. 6, nº 1, p. 16-26.
- SANTOS, E. (2005) Mapeamento da Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Jirau Município de Dois Vizinhos – Paraná, Dissertação de Mestrado em Geografia, Universidade Federal do Paraná.
- SILES, M.F.R. (2003) *Modelagem Espacial para Atividades de Visitação Pública em Áreas Naturais*, Dissertação de Mestrado em Ciências, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.
- SILVA, S. F. (2005) *Zoneamento Geoambiental com Auxílio de Lógica Fuzzy e Proposta de um Geoindicador para Caracterização do Meio Físico da Bacia do Rio do Peixe*, Tese de Doutorado em Geotecnica, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- SILVA, C. A. (2006) *Análise Sistêmica, Turismo de Natureza e Planejamento Ambiental de Brotas: Proposta Metodológica*, Tese de Doutorado em Geografia, Instituto de Geociências – UNICAMP.

- SPÖRL, C. (2001) *Análise da Fragilidade Ambiental Relevo Solo com Aplicação de Três Modelos Alternativos nas Altas Bacias do Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata*. Dissertação de Mestrado em Geografia, USP, 165p.
- STELLFELD, M. C. (2002) *Sistema de Informações Geográficas Aplicado ao Ecoturismo na Chapada dos Veadeiros*. Dissertação de Mestrado UNB.
- TAKAHASHI et al (1997) Uso público em Unidades de Conservação, Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, Curitiba, v1, p.587-594.
- TOREZAN, F. E. (2005) *Proposta Metodológica para Subsidiar a Determinação do Grau de Impacto Ambiental em Empreendimentos Minerários na Região de Descalvado e Analândia*. Tese de Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos.
- VASHCHENKO, Y.; FAVARETTO, N.; BIONDI, D. (2007) Fragilidade ambiental nos picos Camacua, Camapuã e Tucum, Campina Grande do Sul, PR, *Floresta*, v. 37, n. 2, p. 201-215.
- WALL, G. (1997) Is ecotourism sustainable? *Environmental Management*, v.21, n.4. p. 483-491.
- WALTER, H. (1986) *Vegetação de Zonas Climáticas – Tratado de Ecologia Global*, EPU, São Paulo.
- WESTERN, D. (1997). Definindo Ecoturismo, In: Lindberg, K. e Hawkins, D. E. (ed) *Ecoturismo: um guia para planejamento e gestão*. São Paulo, SENAC.

## 8. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

---

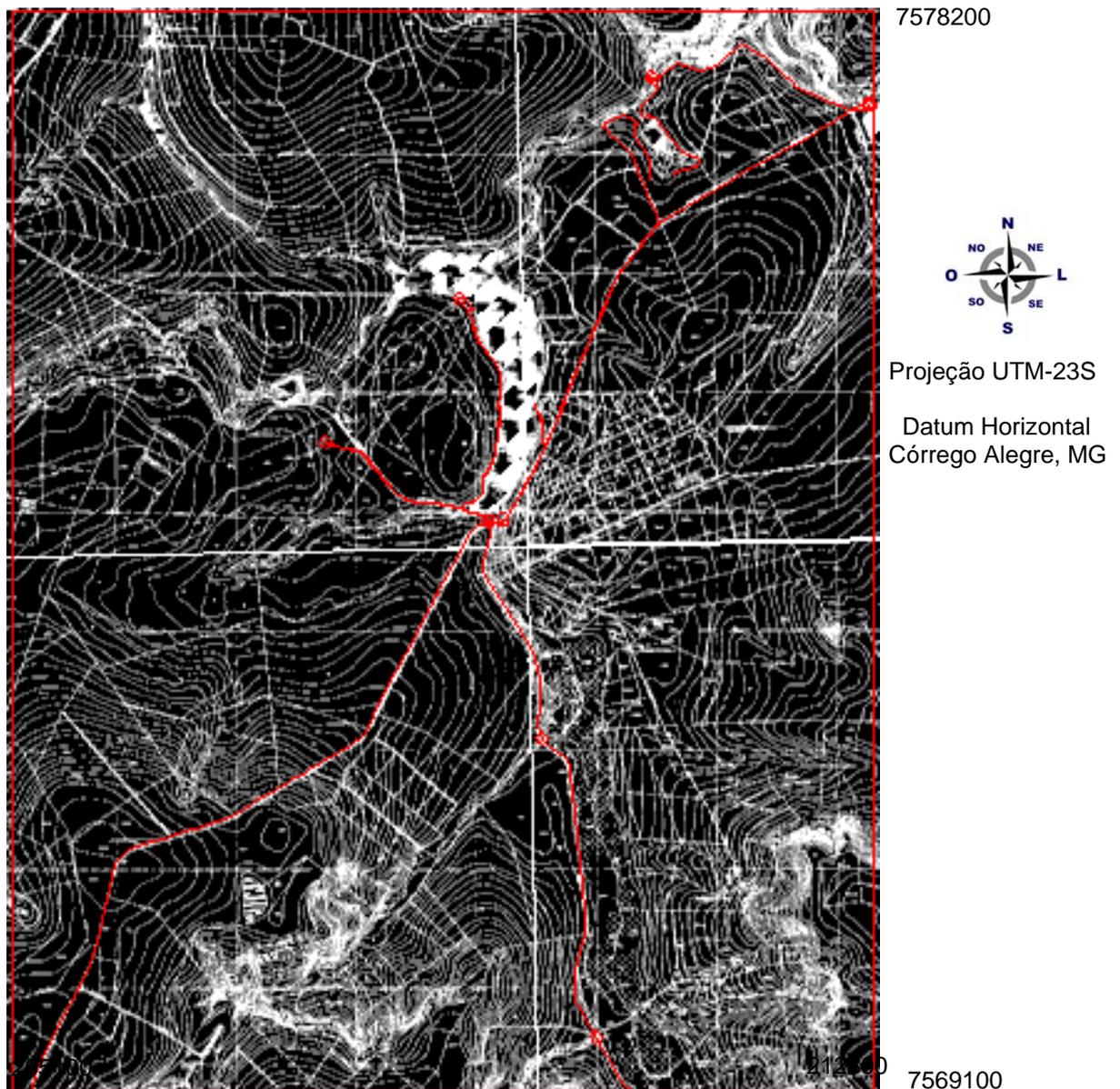
- ABREU, A. A. (1982) *Análise Geomorfológica: Reflexão e Aplicação*. Tese de Livre Docência FFLCH-USP, São Paulo.
- CEREDA JUNIOR, A. (2006) *Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia do Ribeirão Monjolinho – São Carlos – SP – Utilizando Ferramentas de Geoprocessamento*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos.
- DALKEY, N.; HELMER, O. (1963) An experimental application of the Delphi method to the use of experts, *Management Science*, Vol. 9 No.3, p.458-467.
- DE BIASI, M. (1992) *A Carta Clinográfica: os Métodos de Representação e sua Confecção*. FFLCH-USP, Geografia.
- EMBRATUR, Empresa Brasileira de Turismo (2001) *Guia Brasileiro de Sinalização Turística*.
- FAZANO, C. B. (2001). *Proposta de Zoneamento Ambiental Estudo de Caso – Bairro Cidade Aracy, São Carlos, SP*. Dissertação de Mestrado, UFSCAR.
- FENNELL, D. (2002) Ecotourism: Where We've Been; Where We're Going, *Journal of Ecotourism* Vol. 1, No. 1, p. 1-6.
- FUJIHARA, A. K. (2002) *Predição de Erosão e Capacidade de Uso do Solo numa Microbacia do Oeste Paulista com Suporte de Geoprocessamento*. Dissertação de Mestrado em Ciências, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- GIATTI, L. L. (2004) *Ecoturismo e Impactos Ambientais na Região de Iporanga – Vale do Ribeira – São Paulo*, Dissertação de Mestrado em Saúde Pública, Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.
- GUAPYASSÚ, M. S.; HARDT, L.P.A. (1998) Avaliação de fragilidade ambiental: uma nova abordagem metodológica para unidades de conservação de uso indireto em áreas urbanas *Floresta e Ambiente*, Vol. 5 (1), p. 55-67.
- HARDY, A.; BEETON, R.; PEARSON, L. (2002) Sustainable Tourism: An Overview of the Concept and its Position in Relation to Conceptualizations of Tourism, *Journal of Sustainable Tourism*, Vol. 10, No. 6, p. 475-496.
- HIGHAM, J.; LÜCK, M. (2002) Urban Ecotourism: A Contradiction in Terms? *Journal of Ecotourism* Vol. 1, No. 1, p. 36-51.
- KAYO, E.K.; SECURATO, J.R. (1997) Método Delphi, fundamentos, críticas e vieses. *Cadernos de Pesquisa em Administração*, São Paulo, v.1, n.4, p.51-61.

- LAZAROTTO, G.; LIMBERGER, L.; PIPPI, L.G. (2006) Áreas para ecoturismo: conceitos, reflexões, diretrizes, estratégias, métodos de planejamento sustentável, *Anais do ENTAC 2006 – XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído*, Florianópolis, p. 1551-1561.
- LEÃO, D.; LEÃO, S. (2007) Sistemas de Informações Geográficas no estudo da lógica locacional de assentamentos irregulares: O caso de Gravataí – RS, *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, p. 5341-5348.
- LIU, Z. (2003) Sustainable Tourism Development: A Critique, *Journal of Sustainable Tourism* Vol. 11, No. 6, p.459-475.
- MAIA, M. P. (2003) *Análise Crítica do Uso de Sistemas de Informação Geográfica – SIG como Suporte à Gestão de APAs no CRA: Estudo de Caso: Gis Apa Litoral Norte*, Dissertação de Mestrado Profissionalizante em Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília.
- MOREIRA (2001). *Uso e Avaliação de Técnicas de Integração d Análise Espacial de Dados em Pesquisa Mineral Aplicadas ao Planalto de Poços de Caldas*, Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. Disponível no CD-ROM do software SPRING 4.0.
- NEVES, S. M.A..S. (2006) Geotecnologias e turismo no Pantanal Mato-grossense, *Anais do 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal*, Campo Grande, p.635-644.
- ORLANDI, S.C. (2003). *Percepção do Usuário Portador de Deficiência Física com Relação à Qualidade dos Espaços de Circulação Urbana*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana, UFSCar.
- PENCK, G. (1993). *Morphological Analysis of Landforms*. Macmillan and Co., London.
- PENTEADO, A. F.; OKA-FIORI, C., CANALI, N. E. (2007) Fragilidade Ambiental da Bacia do Rio Serra Negra – Pr, *X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*.
- RODRIGUES, S. R. (1997b). *O Uso da Terra e a Qualidade das Águas Superficiais da Bacia do Rio Sapucaí-Guaçú, no Município de Campos do Jordão, SP*. Dissertação de Mestrado FFLCH - USP, São Paulo.
- ROLIM, F. A.; RIBEIRO, G. A. (2001) Levantamento do Potencial Turístico do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro - PESB com o Suporte em Geoprocessamento – *Anais X SBSR*, Foz do Iguaçu, p. 967-969.
- ROSS, J. L. S. (1987). *Estudo e Cartografia Geomorfológica da Província Serrana – MT*. Tese de Doutorado FFLCH – SP.
- ROSS, J. L. S. (1990) *Geomorfologia, Ambiente e Planejamento*. Editora Contexto, São Paulo.
- ROSS, J. L. S. (1992). O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo. *Revista do Departamento de Geografia –FFLCH-USP*, n.6, São Paulo.

- SIMI, R. et al (2004) Geoprocessamento e planejamento ambiental em áreas turísticas, GIS Brasil.
- VALENTE, R. O. (2005) *Definição de Áreas Prioritárias para Conservação e Preservação Florestal por Meio da Abordagem Multicriterial em Ambiente SIG*, Tese de doutorado em Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Piracicaba.
- VALENTE, R. O.; VETTORAZZI, C. A. (2005) Comparação entre métodos de avaliação multicriterial, em ambiente SIG, para a conservação e a preservação florestal, *Scientia Forestalis*, n. 69, p.51-61.
- VAN DER DUIM, R.; CAALDERS, J. (2002) Biodiversity and Tourism - Impacts and Interventions. *Annals of Tourism Research*, Vol. 29, No. 3, pp. 743–761.
- ZIMMERMANN, H. J. (1987) *Fuzzy sets, decision making and expert systems*, Kluwer Academic Publishers, Boston.

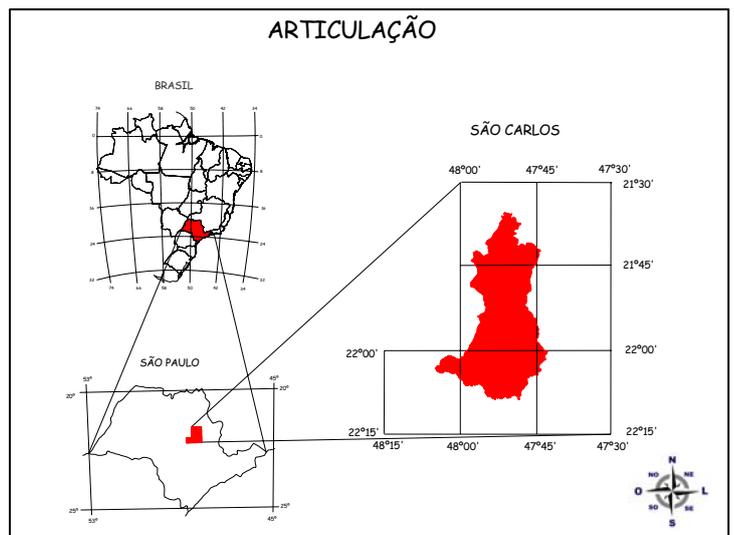
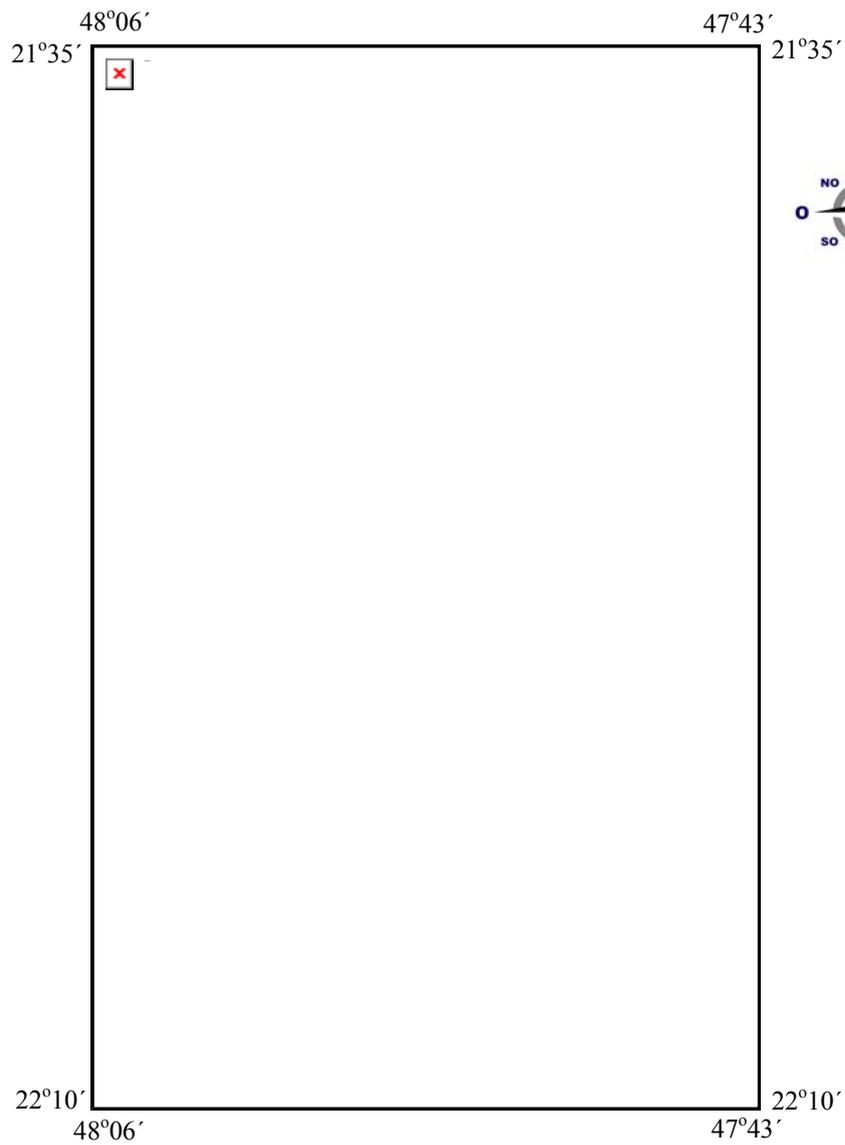
## APÊNDICE 1

### CARTAS BÁSICAS UTILIZADAS

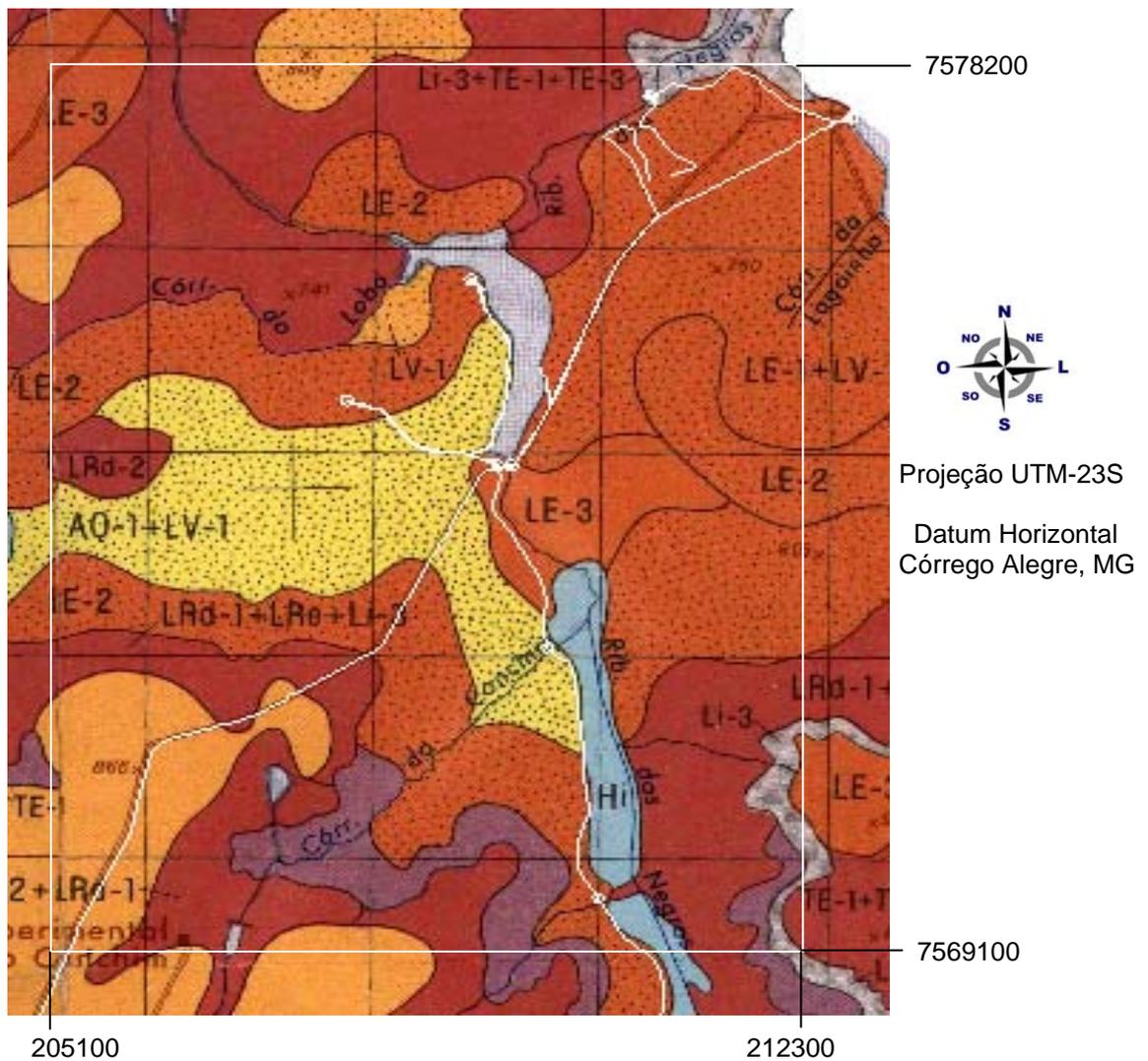


**Figura A1.1** - Folhas topográficas do Instituto Geográfico e Cartográfico da Secretaria de Economia e Planejamento do Estado de São Paulo, na escala 1:10.000, com isolinhas altimétricas de 5 em 5 metros: Represa do Lobo (SF-23-V-C-IV-3-SE-A), Córrego Cajuru (SF-23-V-C-IV-3-SE-B), Córrego do Engenho Velho (SF-23-V-C-IV-3-SE-C) e Fazenda Morro Alto (SF-23-V-C-IV-3-SE-D)

Estão mostrados também a trilha e os pontos de referência levantados em campo com um GPS (linha vermelha)



**Figura A1.2 - Mapa pedológico elaborado por Muro (2000)**



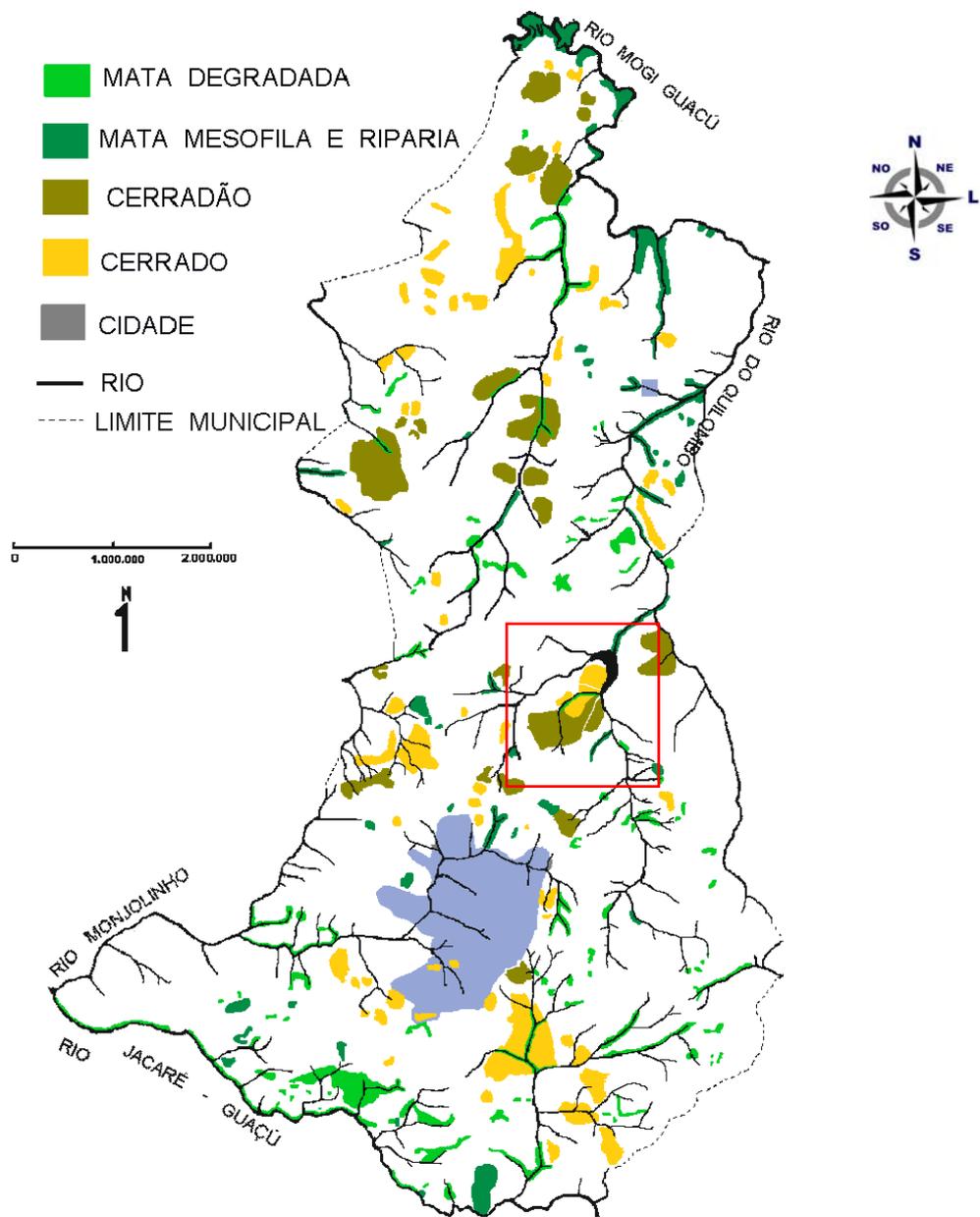
**Figura A1.3** – Região do mapa pedológico elaborado por Muro (2000) que foi utilizada neste estudo. Estão mostrados também a trilha e os pontos de referência levantados em campo com um GPS (linha branca)



**Figura A1.4** - Mapa obtido do Google Earth

Estão mostrados também a trilha e os pontos de referência levantados em campo com um GPS (linha vermelha)

### VEGETAÇÃO ATUAL DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS

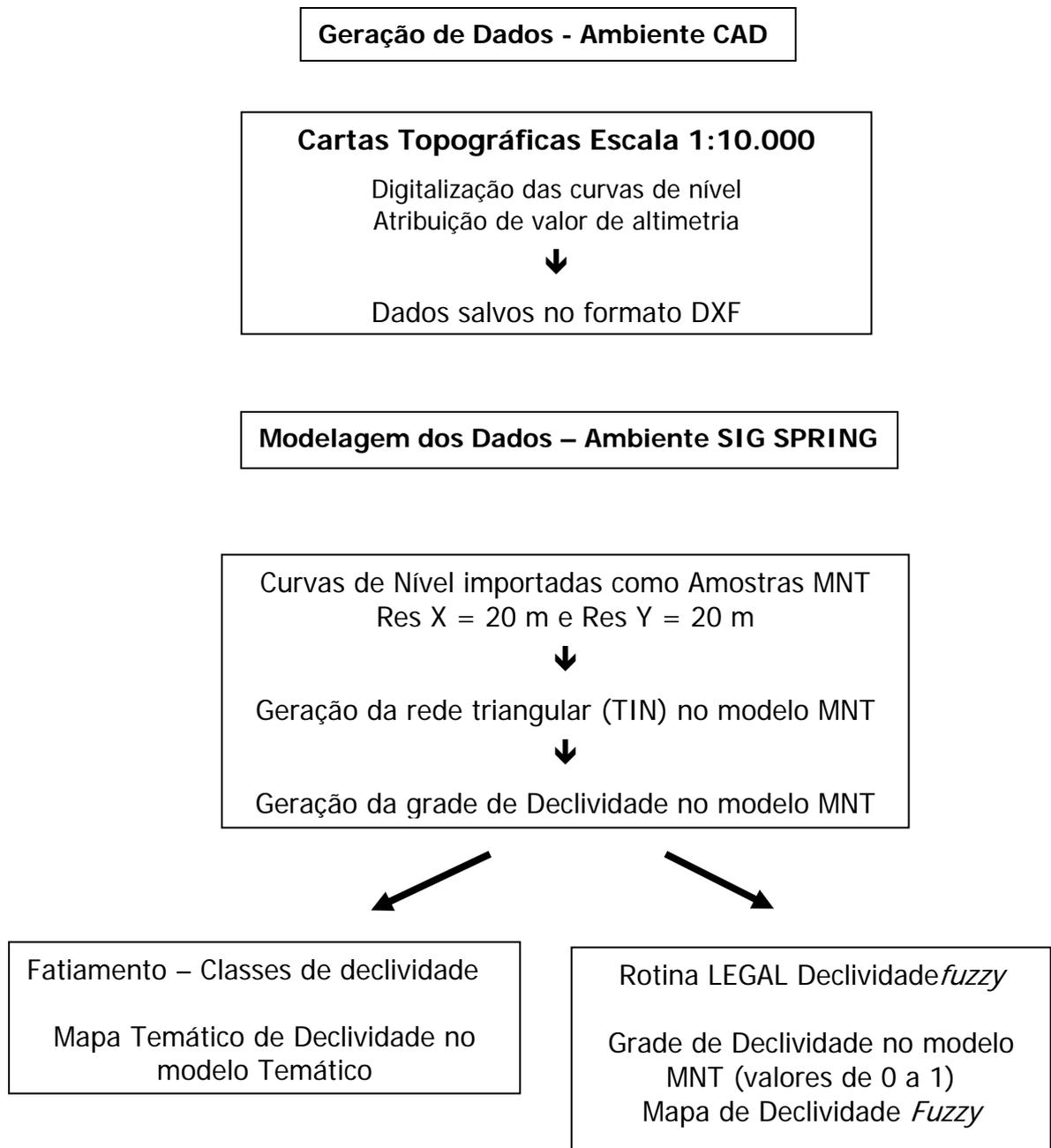


**Figura A1.5** - Mapa da vegetação de São Carlos na escala de 1:2.000.000 fornecido pelo Prof. João Juarez Soares do Dep. de Botânica da UFSCar. A região estudada está definida pelo retângulo vermelho.

## APÊNDICE 2

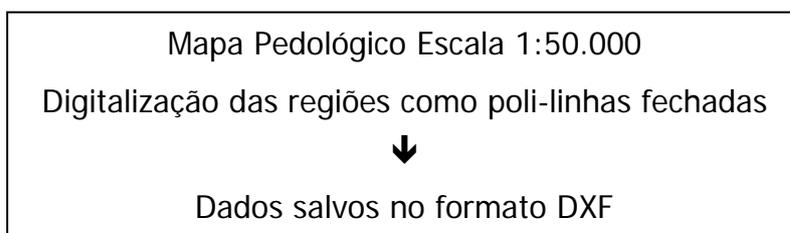
### ETAPAS PARA OBTENÇÃO DOS MAPAS E ROTINAS NA LINGUAGEM LEGAL DO SPRING 4.3.2

## ETAPAS PARA OBTENÇÃO DOS MAPAS DE DECLIVIDADE



## ETAPAS PARA OBTENÇÃO DOS MAPAS PEDOLÓGICOS

### Geração de Dados - Ambiente CAD



### Modelagem dos Dados – Ambiente SIG SPRING

Regiões importadas como modelo Temático e Entidade linha sem ajuste  
Linhas poligonizadas e atribuição de cada polígono à classe correspondente

Mapa Temático Pedológico no modelo Temático

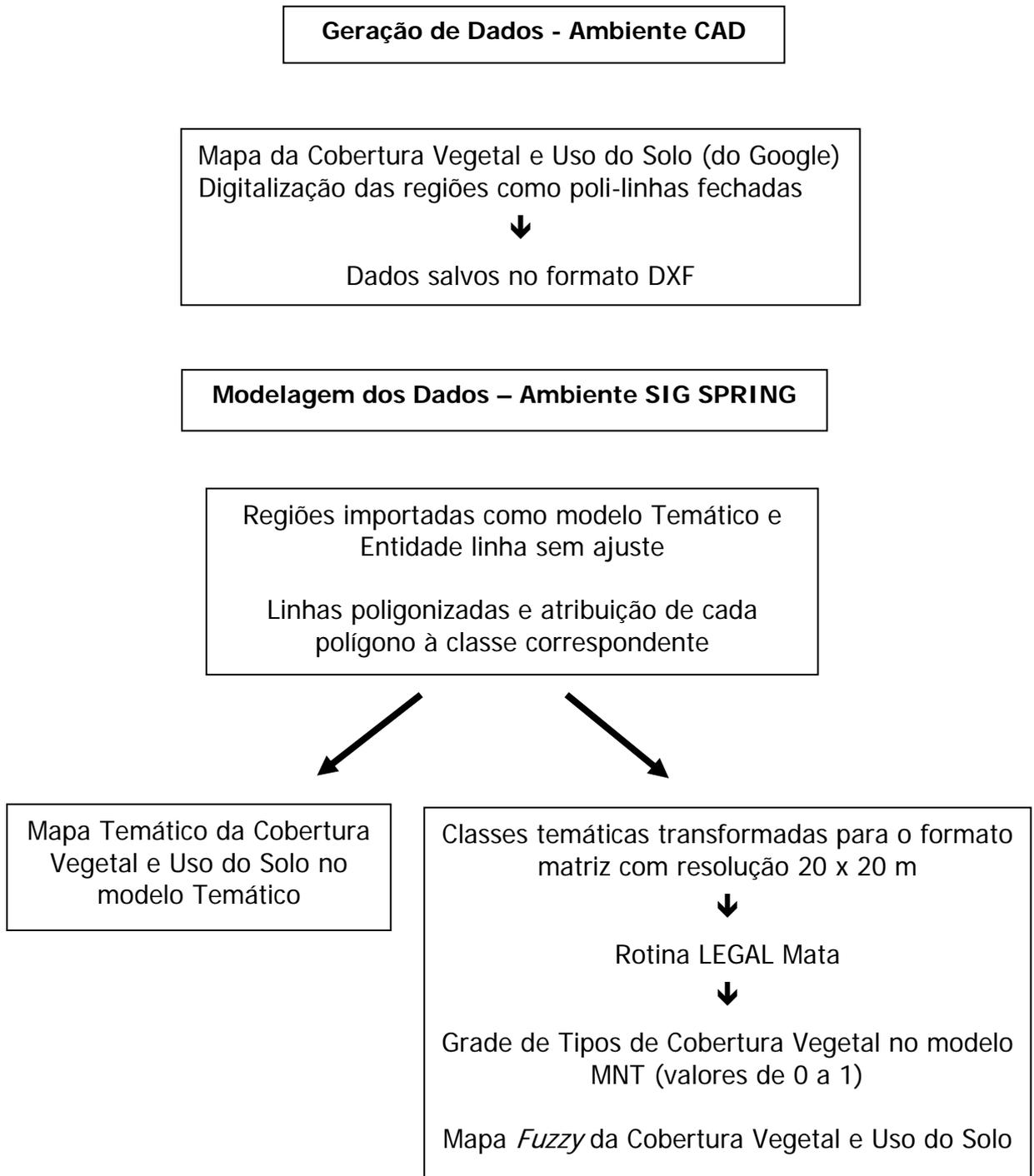
Classes temáticas transformadas para o formato matriz com resolução 20 x 20 m

↓  
Rotina LEGAL Solo

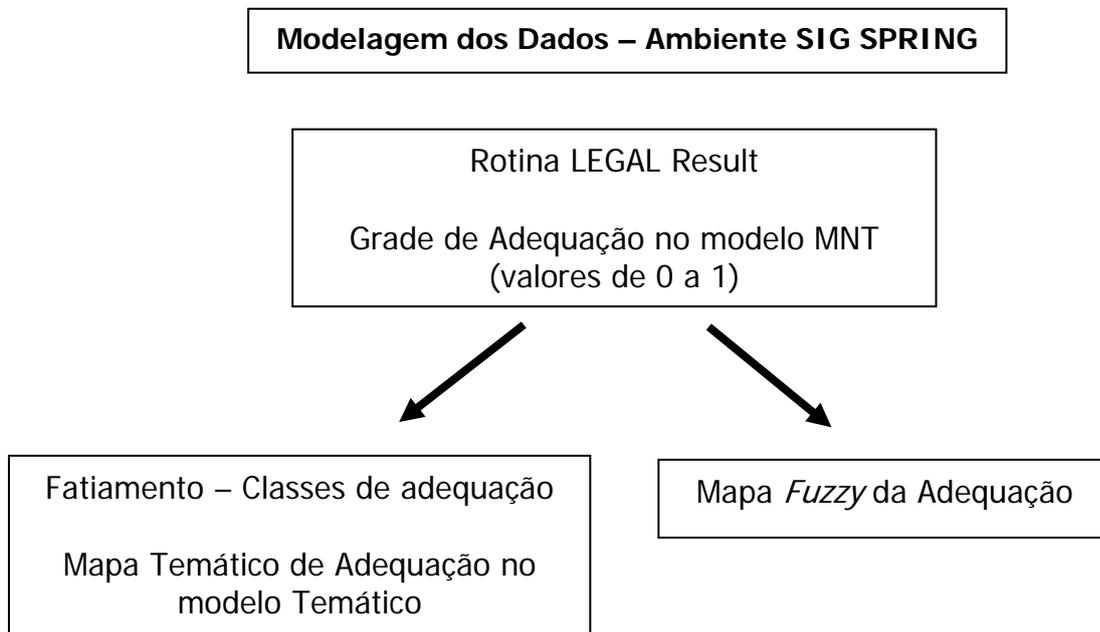
↓  
Grade de Tipos de Solo no modelo MNT (valores de 0 a 1)

Mapa Pedológico Fuzzy

## ETAPAS PARA OBTENÇÃO DOS MAPAS DA COBERTURA VEGETAL E USO DO SOLO



## ETAPAS PARA OBTENÇÃO DOS MAPAS DE ADEQUAÇÃO



### PROGRAMA LEGAL PARA CÁLCULO DA DECLIVIDADE *FUZZY* (Declividadefuzzy)

```
{// Declividade Fuzzy

//declaração
Numerico fuz("Decliv-fuzzy"),dec("Decliv");

//instanciação
dec=Recupere(Nome="Decliv");
fuz=Novo(Nome="Decliv-fuzzy",ResX=20,ResY=20,Escala=10000,Min=0,Max=1);

//operação
fuz=((dec<=3)?(dec*0)+1:
(dec>=45)?(dec*0):
(dec>3&&dec<45)?(45-dec)/42:
Digital(0));
}
```

## PROGRAMA LEGAL PARA CONVERSÃO DO MAPA TEMÁTICO DE COBERTURA VEGETAL E USO DO SOLO EM MATRIZ

(Mata)

```
{
//Conversão do mata temático para numérico

//Declaração
Numérico mat("Veget");
Numérico timat("Veg");

//Instanciação
mat= Recuperere(Nome="Veget");
timat= Novo(Nome="Veg",ResX=20,ResY=20,Escala=50000,Min=0,Max=1);

//Operação
timat=((mat=="Mata Natural"?1:mat=="Mata Ciliar"?0.6:
(mat=="Cerradão"?1:mat=="Cerrado"?0.8:(mat=="Pastagem"?0.4:
(mat=="Água"?0:mat=="Aglomerado Urbano"?1:
(mat=="Área Cultivada ou Terra Nua"?0.2:
Digital(1)));
}
```

## PROGRAMA LEGAL PARA CONVERSÃO DO MAPA TEMÁTICO DE PEDOLOGIA EM MATRIZ

(Solo)

```
{
//Conversão do solo temático para numérico

//Declaração
Numérico sol("Pedolog");
Numérico tisol("Ped");

//Instanciação
sol= Recuperere(Nome="Pedolog");
tisol= Novo(Nome="Ped",ResX=20,ResY=20,Escala=50000,Min=0,Max=1);

//Operação
tisol=((sol=="LR"?1:sol=="LE"?1:sol=="LV"?1:
(sol=="TE"?0.4:sol=="Li"?0.2:sol=="AQ"?0.2:
(sol=="Hi"?0:sol=="Água"?0:
Digital(1)));
}
```

**PROGRAMA LEGAL PARA OBTENÇÃO DO MAPA DE ADEQUAÇÃO**  
***FUZZY***  
(Result)

```
{  
//Soma final das matrizes  
  
//declaração  
Numerico dc("Decliv-fuzzy"),vg("Veg"),pd("Ped"),rs("Result");  
  
//instanciação  
dc=Recupere(Nome="Decliv-fuzzy");  
vg=Recupere(Nome="Veg");  
pd=Recupere(Nome="Ped");  
rs=Novo(Nome="Result",ResX=20,ResY=20,Escala=10000,Min=0,Max=1);  
  
//operação  
  
rs= ((vg!=0)?(dc+vg+pd)/3:  
    Digital(0));  
}
```