

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS DE ECOTURISMO (SIGECOTUR) DO PARQUE NACIONAL DA SERRA DOS ÓRGÃOS

Allan Milhomens¹, André Lucianencov Redivo¹, Daniela Soares Nascimento¹, Éder de Souza Martins², Flávio Gonçalves Garcia¹, Osmar Abílio de Carvalho Júnior³, Otacílio Antunes Santana³, Renato Fontes Guimarães³, Roberto Arnaldo Trancoso Gomes³, Rosana de Souza Ribeiro¹ & Sandro Nunes de Oliveira³

¹Ministério do Meio Ambiente, Esplanada dos Ministérios - Bloco – B Brasília, DF, Brasil. Fone: (61) 33171901; E-mails: {allan.milhomens, andre.redivo, daniela.nascimento, rosana.ribeiro}@mma.gov.br

²Universidade de Brasília, Departamento de Geografia, Laboratório de Sistemas de Informações Espaciais, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, 70.910-900 Brasília, DF, Brasil. Fone: 3307-2474; Fax: (61) 32721909 – E-mails: {osmarjr, robertogomes, sandronunes}@unb.br; otaciliosantana@gmail.com

³EMBRAPA Cerrados, Rodovia Brasília-Fortaleza, BR 020, km 18, Planaltina, DF, Brasil. Caixa Postal: 08223, CEP: 73310970. Fone: (61)33889870; Fax: (61)33889879 – E-mail: eder@cpac.embrapa.br

Recebido 12 de outubro de 2007; revisado 10 de dezembro; aceito 7 de janeiro de 2008

Resumo – As aplicações do SIG no ecoturismo permitem identificar destinos turísticos específicos usando um conjunto de critérios e mapas virtuais, como também componentes críticos para os gerentes e os planejadores de parques naturais. A área de estudo é o parque nacional da Serra dos Órgãos com um grande número de opções para visitantes, tais como uma diversidade ecológica, significado histórico e oportunidades de recreação. O SIG desse projeto foi desenvolvido em Mapserver que possibilita criar mapas geográficos, saída cartográfica avançada, sustentação para linguagem popular, sustentação da projeção de mapa, entre outros. Mapserver é um ambiente de desenvolvimento de Open Source para aplicações espaciais permitidas na Internet. No SIGECOTUR uma base de dados foi desenvolvida para a identificação das zonas do ecoturismo que consideram critérios relevantes. Assim, os usuários analisam e visualizam

os dados espaciais e não espaciais em um ambiente integrado que consideram as atividades, infra-estrutura disponível e informações dos recursos naturais.

Palavras chave - Paisagem, Ecoturismo, SIG, Internet

Abstract - The GIS applications in the ecotourism enable to identify specific tourist destinations using a set of criteria and virtual maps, as also critical components for the managers and planners of natural parks. The study area is the Serra dos Órgãos National Park with a vast number of options for visitors, such as an ecological diversity, historical significance, and recreational opportunities. The GIS of this project was developed in Mapserver that enables to create geographic maps, advanced cartographic output, support for popular scripting, map projection support, among others. Mapserver is an Open Source development environment for building spatially-enabled internet applications. In SIGECOTUR a database was developed for the identification of ecotourism zones considering relevant criteria. Thus, the users analyze and visualize the spatial and non-spatial data in an integrated environment considering the activities, available infrastructure and natural resources information.

Keywords - Landscape, Ecotourism, GIS, Internet.

INTRODUÇÃO

Dentro dos ramos do turismo, cada vez mais se consolida o turismo ecológico ou ecoturismo. Os agentes do ecoturismo buscam conjugar tanto os fatores sócio-econômicos como os seus valores ambientais e preservacionistas que garantem o aporte de visitação. O ecoturismo deve considerar os seguintes fatores para o seu desenvolvimento (Hetzer, 1970): (a) impacto ambiental mínimo; (b) impacto mínimo e respeito máximo às culturas locais; (c) máximos benefícios econômicos às comunidades locais; e (d) máxima satisfação recreacional aos praticantes.

Neste propósito o ecoturismo está concordante com a Agenda 21, a qual sinaliza para a conciliação da utilização racional dos recursos ambientais, dentro de um enfoque de desenvolvimento sustentável.

Neste contexto, a UNESCO através do Serviço de Preservação do Patrimônio da Humanidade, tomou a iniciativa de criar os Parques, ou seja, territórios que compreendem um ou mais sítios de importância científica, não somente pelo valor topográfico e geológico, mas também pelo seu valor arqueológico, ecológico, cultural ou cênico. Em alguns países ocorrem parcerias entre as iniciativas públicas e privadas que resultam no aproveitamento destes locais, ou regiões, como atrativos turísticos. Exemplos estão presentes na Alemanha, Grécia, Espanha, França e Itália que já exploram formalmente o ecoturismo através da Rede Européia de Geoparques.

No Brasil o ecoturismo possui uma forte alternativa econômica por ser privilegiado em áreas naturais, com ricos patrimônios histórico-culturais. Conforme Costa (2002), o Brasil apresenta um dos maiores potenciais para a expansão do ecoturismo em todo o mundo por ser um dos países com maior diversidade biológica do planeta e apresentar belezas naturais ímpares (algumas bastante divulgadas no exterior). Nessa perspectiva, áreas remotas antes com pouco desenvolvimento podem converter-se em áreas propícias para o ecoturismo. Dentre essas áreas, destacam-se as várias Unidades de Conservação (UC's) existentes no país, que são regulamentadas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) instituído pela Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que estabelece critérios e normas para sua criação, implantação e gestão. A exploração do turismo dos parques nacionais pode garantir recursos para ampliar as áreas de proteção e aumentar a eficiência da fiscalização e

consciência ecológica pela própria sociedade; que passa a depender da sua conservação para o seu desenvolvimento econômico, trazendo benefícios tanto à comunidade como para o meio ambiente. No entanto, para melhor explorar o potencial turístico brasileiro torna-se fundamental o desenvolvimento e organização de bases de dados para o seu planejamento. Além disso, torna-se fundamental a divulgação e o esclarecimento das restrições das áreas protegidas para o seu uso adequado.

Neste objetivo a internet permite estabelecer um conjunto de serviços como educacionais, informativos, gerenciais, entre outros que permite interagir com a população. A relação hipermídia da internet compreende texto, imagem, som e animação que facilita a consulta, comunicação, transferência de arquivos, etc.

O objetivo deste trabalho é propor a estruturação de um SIG na Web, para incentivar, planejar e qualificar as áreas potenciais a prática de ecoturismo, demonstrando a oferta turística e conscientizando para a manutenção do equilíbrio ecológico nas áreas de unidade de conservação. Esse trabalho está dentro do projeto governamental denominado SIG-Ecotur (Sistema de Informações Geográficas para o Desenvolvimento do Ecoturismo) que é uma estratégia do Programa Nacional de Ecoturismo, que visa coletar, sistematizar e disseminar informações sobre atrativos ecoturísticos, especialmente em áreas protegidas e áreas em entorno.

O SIG no Ecoturismo

Para o Turismo a paisagem é fundamental, o que torna a sua representação e a análise uma necessidade básica para o seu desenvolvimento (Moura et al. 2006). Assim, a Cartografia e o Sistema de Informações Espaciais (SIG) são

fundamentais para: levantamento de dados, organização de bases cartográficas, elaboração de análises temáticas e representação destas informações.

O SIG é uma ferramenta que permite simular os processos ambientais, econômicos e sociais. Assim, ele provê mecanismos para modelagem dos complexos processos do mundo real e do ambiente humano em certos níveis de relação, simplificação, generalização e abstração. Nesses sistemas os dados (ou entidades) estão arranjados de modo a interagir e subsidiar análises de problemas. Um aspecto fundamental para estruturar um SIG é ter uma visão multidisciplinar do problema, dos componentes necessários e da projeção de seu desenvolvimento. Desta forma, o SIG possibilita estabelecer um aparato de pesquisa e busca de resultados temporais e espaciais dentro dos processos político-administrativos (Torres et al., 2003).

Para o Ecoturismo o SIG permite o planejamento do uso para visitação turística e a identificação de lugares específicos baseados em um conjunto de critérios usando dados econômicos, sociais, ambientais e de comércio (Chen, 2007; Barbosa et al., 2007). Outro aspecto fundamental é que o SIG permite divulgar informações turísticas e de prestação de serviços importantes de um lugar de visitação, como: endereços, transportes, locais de comércio e lazer, histórico, eventos culturais entre outros atributos que podem ser ilustrado na forma de um mapa. Essa ferramenta pode ser utilizada na gerência de serviços para indicar diversos tipos de dados pertinentes ao planejamento local e regional.

Vários trabalhos utilizam o SIG para estudos de turismo com diferentes abordagens: estudo do ecoturismo no nordeste de Ontário (Boyd et al., 1994); estudo do marketing no turismo do Reino Unido (Elliot-White & Finn, 1997);

análise do planejamento do turismo (Savitsky et al., 1999); sistema de suporte de decisão para o turismo em Parque Nacional (Dye & Shaw, 2005); e disponibilização das informações turísticas (Du & Gabay, 2002).

Em síntese os produtos cartográficos destinados ao Turismo são para dois públicos-alvo e objetivos bem definidos (Aldana & Flores, 1999): (a) cartografia de comunicação, destinada ao turista e ao usuário leigo; e (b) cartografia de precisão, destinada ao gestor do turismo e de caráter técnico. O atrelamento das representações cartográficas com um Banco de Dados permite a realização de consultas, agrupamentos, seleção de fotos etc. Com estas características constituem uma classe que pode ser chamado de “hiper-mapas” (à semelhança dos hiper-textos) com um diferencial significativo para as demandas de gerenciamento de recursos naturais e humanos (Aldana & Flores, 1999).

SIG Turístico na Web

O advento da informática e da internet ocorre uma mudança na formação intelectual e cognitiva dos indivíduos, que repercute em uma mudança no sistema educacional e da gestão do conhecimento. As atuais mudanças no aprendizado cognitivo estão intimamente associadas às novas tecnologias e aos novos modos de pensar a construção do conhecimento. Assim, as construções intelectuais mediadas pela informática estabelecem uma realidade virtual interativa que estabelece uma nova época referente ao conhecimento por simulação (Lévy, 1995). A simulação digital pode ser definida como uma experiência ou ensaio constituído por uma série de cálculos numéricos e decisões de escolha limitada, executados de acordo com um conjunto de normas preestabelecidas e apropriadas à utilização de computadores (Houaiss, 2001). Esse mundo virtual no qual se

interage usando um computador estimula a capacidade cognitiva, apura a imaginação humana e a visualização de situações a serem geridas no mundo físico (Proni e Weisman, 1999).

Essa nova abordagem é adequada para ser explorada pelo turismo, que já adotou bastante a linguagem dos filmes onde os expectadores são apenas agentes passivos, diferentemente da realidade virtual, onde o usuário interage e estabelece suas próprias escolhas (Moura et al. 2006). As imagens possuem caráter de esboços, que sensibilizam e estimulam a realização das atividades que estão sendo visualizadas. A navegação pela internet respeita o caminhar próprio e lógico do visitante permitindo um aprofundamento das características ambientais e culturais que serão visitadas. Conforme, Flores (2005) uma página na internet cumpre o papel de suporte de uma articulação social aberta, reunindo diversos níveis de informação a respeito do fenômeno, como também consiste em um suporte-lugar-tempo de manifestação de uma estética fundada no imaginário do meio social que é o próprio ator da pesquisa. Além disso, a internet permite estabelecer um sistema dinâmico que fornece elementos para uma discussão sobre as alternativas e destinação do uso turístico, dentro de um exercício de aprimoramento constante entre o órgão gestor com o universo consultado.

A partir de uma busca na internet é possível identificar diversos sites com o propósito de divulgar informações e dados ecoturísticos de áreas preservadas e parques nas diferentes regiões do planeta. Apesar desses portais na internet apresentarem diversas informações sobre as atrações turísticas e dadas cartográficas, normalmente não possuem acoplados um SIG e um banco de dados espaciais. Com esse serviço podemos destacar a instituição US National

Park Service que mantém um SIG para internet conhecido como um Centro de Mapas Interativos (<http://www.nps.gov/gis/index.html>) que permite o usuário encontrarem informações sobre as localizações e características sobre os parques nacionais americanos. O Environmental Systems Research Institute (ESRI, Redlands, CA) também hospeda um SIG na Internet sobre turismo de San Diego, California (<http://maps.esri.com>). O crescente interesse sobre o turismo e de recreações torna o emprego do SIG cada vez mais útil e eficiente para abordar e divulgar esse tema.

Unidades de Paisagem

No Brasil, a atual abordagem do ecoturismo relaciona um novo aspecto do ordenamento territorial: o conceito de unidades de paisagem (Zonneveld, 1989). Tendo como base a adaptação da metodologia de Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) proposta por Crepani et al. (1999), as ações para planejamento do ecoturismo buscaram adaptar um procedimento metodológico baseado em técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para a identificação de unidades de paisagem com valor na sua representação através da cartografia temática, em múltiplas escalas, utilizando os pictogramas convencionados pela EMBRATUR através de um sistema de informações geográficas – SIG.

São várias as definições do termo paisagem. Considerando a etimologia das palavras paisagem (origem latina) e landscape (origem germânica) observam-se sentidos similares para os seus núcleos pais e land (‘região’, ‘terra’, ‘território’) e diferenciação em relação aos sufixos – agem (“conjunto, coleção, classes” ou “ação, resultado de ação”) e –cape (“cobertura, o que cobre” ou “descrição, o que descreve”). Portanto, do ponto de vista etimológico, paisagem (ou landscape)

engloba a descrição das características estáticas e dinâmicas de uma determinada região, nos aspectos naturais e culturais (Martins et al., 2002).

As ciências apresentam diferentes conceitos de paisagem. Normalmente a paisagem foi definida como “a impressão global obtida da observação da Terra, a partir de uma distância razoável” (Brabyn, 1996). Esta definição pressupõe que a superfície da Terra observada é compreendida de forma integrada e sintética, sem fazer uma análise separada dos objetos específicos. Nesta abordagem, as paisagens são produtos da influência mútua de diversos fatores ambientais bióticos e abióticos, que se interagem e se modificam ao longo do tempo. Martins et al. (2002) consideram três principais enfoques do conceito de paisagem nos estudos científicos: (a) compreensão integrada da realidade; (b) relações espaciais (estrutura) e temporais (dinâmica e processos) definidas entre os diversos elementos e os vários níveis de observação (escala); e (c) definição de aspectos genéticos e de evolução (história). Portanto, a análise da paisagem apresenta tanto um enfoque de estudo morfológico integrado que a descreve e classifica como um estudo de dinâmica que avaliam as suas funções e mudanças. No sentido de classificação, a paisagem pode ser considerada como “um segmento homogêneo do ambiente (inclusive a superfície da terra, o ar, e todos os recursos úteis), que sustentam todas as criaturas vivas” (Fabos, 1979). Na concepção da dinâmica de paisagem é necessário o desenvolvimento de estudos quantitativos de funcionamento ambiental, onde são considerados modelos estatísticos que consideram as variáveis espaciais e temporais, em diversas escalas (Veldkamp et al., 2001). Nesta abordagem as principais questões envolvem a determinação dos limites, dos processos chaves e das forças motrizes (driving forces) do sistema.

O mapeamento das Unidades de Paisagem é feito pela síntese cartográfica dos atributos geologia, relevo, clima, solos e organismos (Martins et al., 2002; Barbosa et al., 2003). Normalmente, a falta de padronização dos dados disponíveis (diferentes escalas, épocas e metodologias de trabalho) torna necessária uma nova interpretação dos atributos da paisagem a partir da interpretação de imagens de sensores ópticos (Crepani et al., 2001). O emprego do sensoriamento remoto, como uma referência integradora da paisagem, permite o acesso às relações de causa e efeito entre os elementos que a compõem. As imagens de satélite permitem uma visão sinóptica como diferentes análises conforme as características de resoluções da imagem (espacial, espectral, temporal e radiométrica). Essa metodologia foi adaptada por Barbosa (2003) para o desenvolvimento de mapas temáticos para o ecoturismo como subsídio ao planejamento.

No ambiente com relevo de alta amplitude topográfica observa-se uma elevada correlação entre a geomorfologia e os demais atributos ambientais, como: microclima (irradiação, radiações incidentes, precipitação, temperatura do ar e do solo, pressão do vento e distúrbios meteorológicos), pedologia (movimento de massa, declive, intemperismo), vegetação e habitat (Ustin et al., 2004; Hoersch et al., 2002, Serrano et al., 2000). Neste tipo de ambiente o fator topográfico induz a formação de diferentes habitats ecológicos em uma distância relativamente próxima, proporcionando o desenvolvimento de um mosaico de paisagens com características próprias de solo, rocha, microclima e vegetação. Vários autores corroboram na descrição da influência da topografia na distribuição de florestas montanas: Florestas Tropicais (Sarmiento, 1986); Florestas Andinas (Skilenar & Laegaard, 2003); Florestas Alpinas (Zimmermann

& Kienast, 1999) e em Florestas SubTropicais da América do Sul (Ellenberg, 1979).

ÁREA DE ESTUDO

O Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO) foi utilizado como estudo de caso no desenvolvimento de um SIG voltado para o Ecoturismo. A área localiza entre as coordenadas (Fuso 23S) UTM 7.496.000N - 718.000E e 7.530.000N - 682.000E, sendo parte dos municípios de Petrópolis, Teresópolis, Guapimirim, Magé, Cachoeiras de Macacú e Duque de Caxias na região serrana do Estado do Rio de Janeiro (**Figura 1**). Essa área é parte das seguintes cartas topográficas do IBGE em escala 1:50.000: Itaipava (SF-23-Z-B-I-4), Teresópolis (SF-23-Z-B-II-3), Petrópolis (SF-23-Z-B-IV-2) e Itaboraí (SF-23-Z-B-V-1).

O clima é mesotérmico brando superúmido com temperatura média anual variando de 13° a 23°C, umidade relativa do ar de 80 a 90% e índice pluviométrico médio de 2.000mm. Possui verão, sem um período seco, caracterizado pela abundância de precipitação nos meses entre outubro e março, nos quais concentram cerca de 70 a 80% das precipitações e inverno com temperaturas e pluviosidade menores, atingindo o mínimo entre os meses de junho e julho. A dinâmica das massas de ar nesta região se caracteriza pelo domínio da Massa Tropical Atlântica que apresenta umidade e temperatura relativamente altas, enquanto que a entrada da Massa Polar Atlântica é responsável pela umidade e temperatura seca e fria. A Serra dos Órgãos funciona como uma barreira orográfica impedindo a entrada das massas de ar vindas do Atlântico, o que faz com que as vertentes voltadas para o oceano sejam mais úmidas que aquelas voltadas para o continente (ICMBio, 2007).

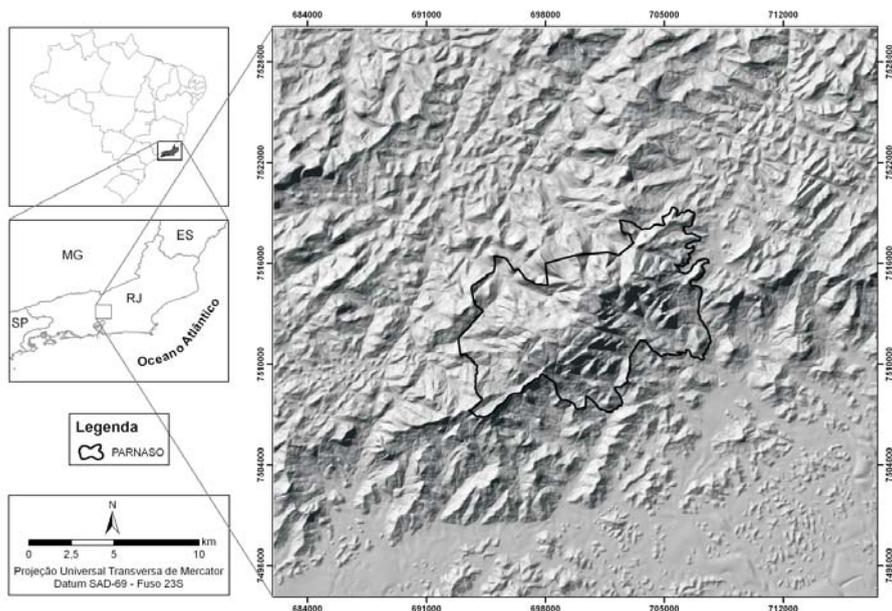


Figura 1 - Localização da área de estudo.

PORTAL DO SIGECOTUR

O modelo de desenvolvimento utilizado no Portal SIGECOTUR segue os padrões adotados pela equipe da Área de Desenvolvimento de Sistemas de Informação (ADSI) pertencente à Coordenação-Geral de Tecnologia de Informação e Informática (CGTI) do Ministério do Meio Ambiente. Este modelo utiliza uma gama de ferramentas de programas livres, tais como: linguagens de programação, bancos de dados, bibliotecas e frameworks. Desta forma, os produtos atendem as diretrizes do governo federal e apresentam uma melhora na qualidade e no tempo de implementação.

O desenvolvimento de produtos cartográficos para a Internet se inicia com a

análise das demandas dos futuros usuário, avaliando as características dos diferentes públicos que utilizarão a informação. Desta forma, para atender as diversidades tecnológicas existentes foi elaborado duas formas de navegação para atender dois tipos de usuários: (a) os menos experientes na ferramenta de SIG, onde é possível navegar pelos destinos ecoturísticos e visualizar alguns mapas sucintos e específicos, e (b) os usuários mais experientes e/ou que queiram se aprofundar na navegação em ambiente de SIG.

O portal em sua primeira página apresenta uma visão geral do sistema com publicações, enquetes, notícias, perguntas frequentes, links, glossário, galeria de foto, além da possibilidade de selecionar um destino ecoturístico existente e conhecer seus atributos ecoturísticos e ambientais (**Figura 2**). No presente projeto buscou-se integrar as bases cartográficas com os textos explicativos dos locais turísticos em um ambiente amigável, de fácil consulta e amplo acesso pela Internet. A adaptação dos textos científicos para uma linguagem adequada ao público leigo foi feita baseando-se nos exemplos elaborados por Zaine (1996) e Mansur & Erthal (2003). O nível de linguagem utilizado pressupõe que o interessado apresente um domínio básico em geociências ou que pretenda conhecer mais sobre assunto. Para auxiliar usuários leigos na familiarização dos conceitos geológicos envolvidos, e ao mesmo despertar seu interesse nestes temas, foram incluídos diversos links ao longo dos textos que direcionam a outros sites disponíveis na Web-Internet contendo glossários e outros materiais de divulgação geocientífica.

No desenvolvimento no portal podem ser considerados os seguintes tópicos: (a) desenvolvimento do sistema, (b) sistematização das informações considerando



Figura 2 – Portal SIGECOTUR.

os seus atributos ecoturísticos e ambientais, (c) desenvolvimento do SIG utilizando o programa MapServer, e (d) desenvolvimento de uma plataforma para visualização 3D sobre a superfície do terreno.

DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

Os sistemas da ADSI fazem uso da UML (Unified Modeling Language) para a representação das notações. A metodologia possui as seguintes premissas: (a) uso de iterações a fim de diminuir impactos provenientes das mudanças de escopo durante o desenvolvimento; (b) gerenciamento das mudanças e (c) en-

trega parciais de produtos. O objetivo é documentar, padronizar e sistematizar as fases de desenvolvimento dos sistemas a fim de garantir a sua continuidade. O portal SIGECOTUR foi desenvolvido considerando as seguintes fases (**Figura 3**):

- Fase de Negócio e Planejamento - objetiva levantar as necessidades de negócio a fim de conhecer e prover a melhor solução em nível corporativo e o respectivo Planejamento do Projeto.
- Fase de Levantamento - objetiva levantar detalhadamente os requisitos do sistema a fim de prover todas as informações necessárias para análise e construção do sistema e possíveis melhorias.
- Fase Análise e Projeto - objetiva realizar a análise das especificações para prover a melhor solução minimizando esforço e tempo. Realizar o projeto orientado a componentização e de fácil manutenção e portabilidade.
- Fase de Implementação - Realizar a implementação e ou ajustes em conformidade com o projeto.
- Fase de Testes - testar o sistema para encontrar defeitos para serem corrigidos e fim de garantir a qualidade do produto. O produto deve estar em conformidade com a especificação feita na fase II – Especificação.
- Fase de Homologação - preparar o ambiente para simular o ambiente de produção e evitar possíveis falhas de ambiente e de interoperabilidade entre sistemas e/ou demais serviços

- Fase de Treinamento - Capacitar e garantir que os usuários façam o uso corretamente o sistema homologado no seu dia a dia.

No desenvolvimento do Portal SIGECOTUR foram utilizadas programas livres, linguagem PHP utilizando o paradigma de orientação a objetos, servidor Web Apache, banco de dados Postgres, Map Server (I3Geo) e o sistema operacional Linux. O produto gerado utiliza a framework PHP, iFlux, que é uma ferramenta integrada com uma série de bibliotecas, facilitando as atividades diárias do desenvolvedor e organizando a estrutura de uma aplicação.

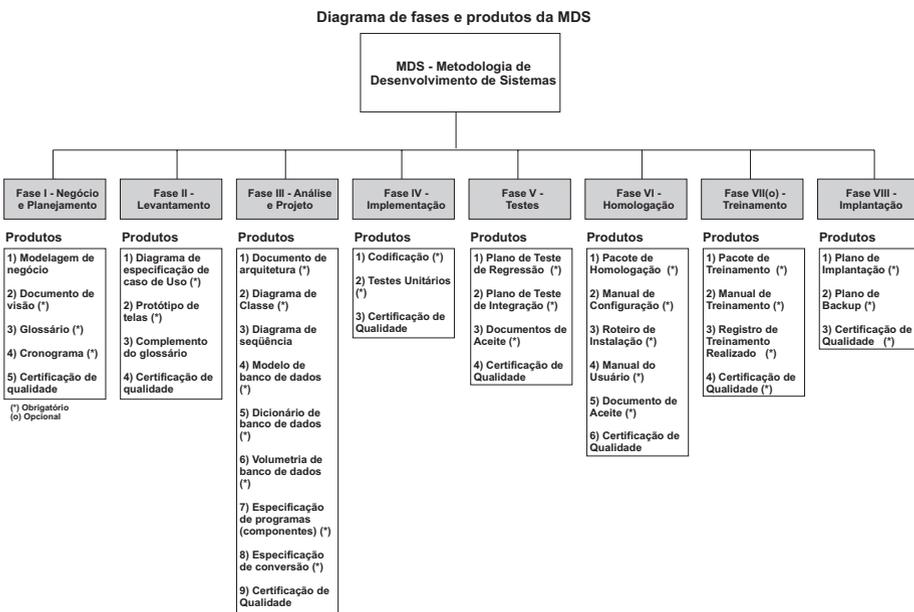


Figura 3 - Diagrama das fases metodológicas e dos produtos no desenvolvimento do sistema

O iFlux modela uma aplicação utilizando o padrão de projeto Model-View-Controller (MVC) (Burbeck, 1987), organizando a aplicações em três camadas básicas, modelo, visão e controle. A camada de modelo, que contém toda a codificação da regra de negócio do sistema, tais como rotinas de acesso ao banco de dados, funções matemáticas, decodificação de siglas ou códigos internos do sistema. Na camada de visão é colocada toda a interface com usuário utilizada pelo sistema e a camada de controle contém toda a regra de navegação necessária para o funcionamento da aplicação. Os componentes do iFlux são demonstrado na **Tabela 1**.

O framework de controle é o MyFuses que facilita as tarefas análise, projeto, codificação e manutenção de um sistema WEB em PHP. Esta ferramenta organiza o código de uma aplicação em pedaços discretos e bem definidos, compondo uma estrutura modular, aumentando a produtividade em todas as fases do ciclo de desenvolvimento de um sistema.

Tabela 1 – Componentes do Framework iFlux

| Nome | Camada | Descrição |
|---------|----------|---|
| Propel | Negócio | Biblioteca de persistência de dados, utilizada para agilizar o desenvolvimento de consultas ao banco de dados utilizando uma abordagem orientada a objetos. |
| Adodb | Negócio | Biblioteca de abstração de banco de dados, utilizadas para fazer consultas a banco de dados utilizando a linguagem <i>SQL</i> , com suporte a vários bancos de dados. |
| Smarty | Visão | <i>Engine</i> de templates, utilizada para separar a programação <i>PHP</i> da interface (<i>html</i> , <i>xml</i> , etc.) |
| Dojo | Visão | Toolkit de JavaScript que facilita a criação de interfaces para usuário ricas em usabilidade. |
| MyFuses | Controle | Framework de controle, ou controlador do iFlux |

SISTEMATIZAÇÃO DOS DADOS CARTOGRÁFICOS

Na sistematização dos dados para o desenvolvimento de um SIG de ecoturismo pode ser descrito três etapas (Barbosa et al., 2007): (a) sistematização das informações, com o levantamento de informações tanto em campo como em gabinete, para subsidiar o planejamento do ecoturismo na região, através da elaboração de um Banco de Dados Geográficos (BDG) (Ruschmann, 1997); (b) definição das unidades de paisagem pela integração dos atributos ambientais, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e SIG (Crepani et al., 2001); (c) documentação cartográfica para o turismo, utilizando-se de alguns elementos

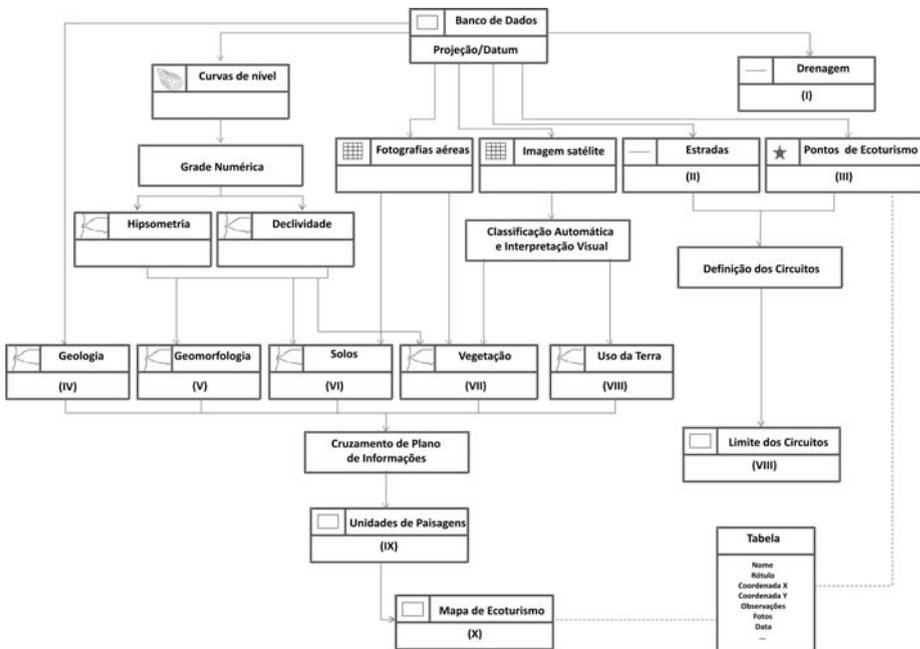


Figura 4 – Fluxograma Metodológico da busca do dado até o mapa de Ecoturismo (adaptado Barbosa et al., 2007)

do sistema de sinalização e de atrativos turísticos. A **Figura 4** demonstra um fluxograma para a montagem de um BDG para o ecoturismo. No que tange às recomendações sobre os produtos de mapas advindos de técnicas de sensoriamento remoto que possam subsidiar o ecoturismo, convém destacar a presença cada vez maior de produtos obtidos por sensores de alta resolução espacial. Tais produtos revestem-se de grande importância para o enfoque desta pesquisa, uma vez que para atingir os objetivos de zoneamento de trilhas, cachoeiras, paredões, etc, faz-se necessário um mapeamento de detalhe (Bahaire & Elliott-White, 1999).

Desta forma, as informações contidas em um SIG para uma Unidade de Conservação podem ser subdivididas em dois tipos referentes aos atrativos turísticos e as informações ambientais temáticas.

Cartas Temáticas

Para o Parque Nacional das Serra dos Órgãos, os mapas temáticos considerados para a construção do BDG e disponíveis no SIG são: (a) modelo digital de terreno (MDT), (b) declividade, (c) solos, (d) vegetação, (e) uso da terra, (f) geologia, (g) geomorfologia, (h) suscetibilidade a deslizamento e (i) unidades de paisagem. No entanto muitos dos mapas temáticos necessários para a descrição ambiental não existiam ou não apresentavam o detalhamento necessário. Portanto, ao longo do projeto foram desenvolvidos trabalhos específicos para a aquisição de informações mais precisas dos atributos ambientais.

O MDT hidrologicamente corrigido foi gerado por de Oliveira et al. (2007a) a partir da interpolação pelo método TOPOGRID (Hutchinson, 1989) da base cartográfica 1:50.000; considerando os seguintes fatores: (a) eliminação das

depressões artificiais, (b) introdução de informações sobre as localizações de rede de drenagem e lagos em regiões planas, e (c) limitações inerentes dos métodos de obtenção da direção de fluxo (Martz & Garbrecht, 1995; Turcotte et al., 2001) (**Figura 5a**). A partir do MDT foi gerado de forma computacional o mapa de declividade (**Figura 5b**).

O mapa esquemático de solos foi gerado por Martins et al. (2007) por meio de trabalho de campo para reconhecimento, com coleta de 80 amostras de solos por trado, submetidas às análises físicas e químicas. Além disso, também foram correlacionadas as informações pedológicas com os domínios geomorfológicos e fitofisionômicos da área do Parque utilizando dados do MDT e um mosaico de fotografias aéreas digitais ortorretificadas em preto e branco na escala 1:10.000. Neste trabalho foram determinadas sete unidades de mapeamento representativas na escala de mapeamento, 1:100.000: Afloramentos Rochosos (RA1); Neossolo Litólico distro-úmbrico (RLdh1, RLdh2); Cambissolo Háplico distrófico (CXbd1, CXbd2, Cxbd3); e Argissolo Vermelho distrófico (PVd1) (**Figura 5c**).

O mapa de vegetação e uso da terra foi elaborado por de Carvalho Júnior et al. (2007) a partir dos dados do sensor ASTER, fotografias aéreas de alta resolução e MDT. O MDT permitiu indicar as estruturas de vegetação em ambiente com alta variabilidade altimétrica porque se correlaciona com fatores ambientais, tais como o microclima, umidade, solo e processos geomorfológicos. O classificador de árvore de decisão foi usado para extrair informações dos dados de MDT e sensoriamento remoto. Nove fisionomias foram identificadas: Agropecuária, Campos de Altitude, Campos Rupestres, Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana, Floresta Ombrófila Densa Montana, Floresta Ombrófila Densa

Sub-Montana, Floresta Ombrófila Densa Nebulosa, Floresta Secundária e áreas sem vegetação. As três maiores fisionomias estão associadas com altitude superior que 1000 metros representaram 55,5% da área total. A construção da árvore de decisão combinando informações do MDE e sensoriamento remoto pode melhorar o resultado sobre a distribuição da floresta tropical (**Figura 5d**).

A geologia do PARNASO faz parte do Complexo Paraíba do Sul, que é constituído por gnaisses, granitos pós-tectônicos da Suíte Intrusiva da Serra dos Órgãos e por sedimentos aluvionares e litorâneos (Radambrasil, 1983, Silva et al., 2000). As litologias pré-cambrianas e eopaleozóicas estão individualizadas em seis entidades de mapeamento (Penha et al., 1979; Pinto et al., 1980): Complexo Rio Negro, Leucogranito Gnaise, Batólito Serra dos Órgãos, Granito Andorinha, Granito Nova Friburgo e Corpos intrusivos mesozóico-cenozóicos. Os depósitos aluvionares também foram reconhecidos, principalmente tangenciando o limite sudeste do PARNASO (Ferrari et al., 1981). O mapa geológico do PARNASO foi adaptado dos trabalhos dos seguintes autores Ferrari et al. (1981); Pinto et al. (1980) e Silva et al. (2000) (**Figura 6a**).

O PARNASO pertence à Unidade Morfoescultural Cinturão Orogênico do Atlântico, dividido nos Domínios Morfoestrutural do Planalto Atlântico e das Depressões Tectônicas Mesozóico-Cenozóicas. Esses domínios subdividem a geomorfologia nas Regiões do Planalto e Escarpas da Serra dos Órgãos e na Região do Rift da Guanabara (Silva, 2003). Possui relevo montanhoso, apresentando suas maiores elevações na faixa que acompanha a linha divisória dos municípios que corresponde ao divisor de bacias. De modo geral, quase não se observa superfícies planas e quase 50% da área do Parque são compostas

de encostas com mais de 30° de declividade (ICMBio, 2007). As unidades morfoestruturais Planalto e Escarpas da Serra dos Órgãos se distribuem continuamente de Itaguaí, a sul do Estado, até o município de Campos de Goitacazes, a norte. É um segmento de grande representatividade areal e de altitudes elevadas, chegando a atingir 2263 metros. Em alguns pontos o contato com a Depressão Interplanáltica da Baía de Guanabara é brusco e retilíneo. Possui controle estrutural do embasamento pré-cambriano, onde a dissecação atual da paisagem segue a orientação preferencial NNE-SSW, representada pela disposição das unidades de Morros e Degraus reafeiçoados, tanto na borda interiorana quanto para a borda voltada para o litoral e pela unidade de terraços e planícies fluviais (Silva, 2003).

No trabalho de Oliveira et al. (2007b) por meio de interpretação conjunta dos dados morfométricos e das imagens dos sensores ópticos permitiu a definição de Unidades de Paisagem em dois níveis hierárquicos. As Unidades de Paisagem em 1° nível hierárquico são a Escarpa Serrana e o Planalto Serrano. Considerando suas características morfodinâmicas a unidade da Escarpa Serrana pode ser dividida em três unidades: (a) Vales da Escarpa de Falha, (b) Escarpa de falha, e (c) mar de morros. Enquanto o Planalto Serrano pode ser subdividido em quatro unidades: (d) Planalto do Açú, (e) Planalto da Pedra do Sino, (f) Planaltos Dissecados, e (g) Vale do Bonfim (**Figura 6b**).

Devido à alta suscetibilidade a eventos de movimento de massa foi também adicionado o mapa de escorregamentos desenvolvido pelo modelo SHALSTAB. Este modelo de previsão de ocorrência a escorregamentos rasos é baseado em dados físicos que reproduzem a dinâmica dos escorregamentos naturais, possi-

bilitando um maior controle sobre eles, e até mesmo a previsão espacial e temporal de suas ocorrências. Esta modelagem foi aplicada no Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO) utilizando dados de pluviosidade média mensal com intuito de se identificar na paisagem a variabilidade espacial e temporal. A metodologia é dividida nas seguintes etapas: a) elaboração do modelo digital de terreno (MDT) e seus mapas derivados como declividade e área de contribuição, b) aplicação do modelo SHALSTAB considerando os diversos eventos de chuva ao longo do ano e c) quantificação das áreas susceptíveis a escorregamentos para cada evento de chuva ocorrido. Os resultados indicaram as localidades com maior instabilidade com a intensidade de chuvas e os meses de maior risco aos visitantes (**Figura 6c**).

Atrativos turísticos

Os atrativos foram selecionados principalmente pela beleza cênica natural inserida em uma topografia movimentada, com trilhas, áreas de acampamento, mirantes, cavernas e grutas, piscinas naturais e cumes, e áreas com práticas de rapel (**Figuras 7 e 8**). O levantamento dos pontos com potencial para ecoturismo é feito, basicamente, tomando-se nota das coordenadas geográficas pelo GPS de navegação, coleta de informações locais e registro fotográfico do local de interesse.

A organização da base de dados dos atrativos dos Destinos Ecoturísticos foi dividida em tipos e subtipos de atrativos, com itens de caracterização biótica e abiótica conforme o subtipo do atrativo. Segue abaixo os tipos de atrativos (grupos) identificados com os seus respectivos subtipos:

- **Grupo 1:** recursos relacionados aos aspectos do relevo (vales , canyons, montanhas, morros, paredões rochosos, tabuleiros / chapadas);
- **Grupo 2:** recursos relacionados aos aspectos de litorais e costas (praias, dunas, falésias, baías, enseadas, atol, recifes, costão, estuário, delta, terras insulares)
- **Grupo 3:** recursos relacionados aos recursos hídricos (rios, corredeiras, lagos, lagoas, cachoeiras, praias de rio, piscinas naturais, nascentes,

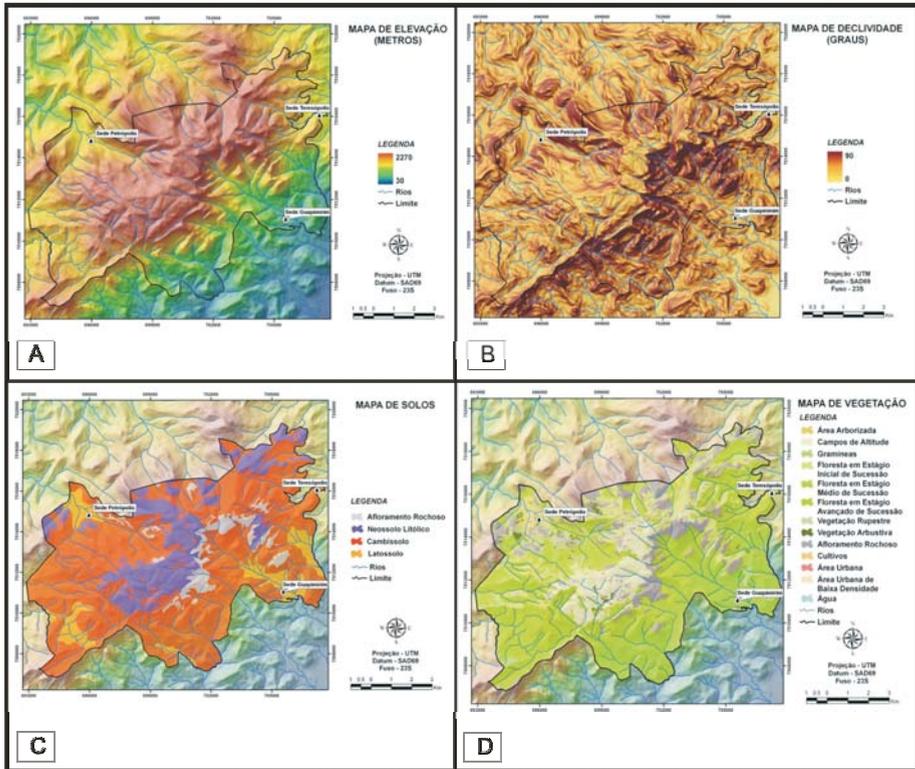


Figura 5 – Mapas e informações temáticas do Parque Nacional da Serra dos Órgãos: (a) Elevação, (b) Declividade, (c) Mapa esquemático de solo e (d) Vegetação.

ilhas, canais naturais / artificiais, fontes hidrotermais, fontes hidrominerais)

- **Grupo 4:** recursos relacionados aos aspectos da vegetação (formações florestais, formações savânicas, formações campestres, vegetação atrelada a cursos d'gua, área úmida com vegetação, mangue, restinga)
- **Grupo 5:** recursos relacionados a fauna (aves, mamíferos, répteis / anfíbios, peixes, insetos)

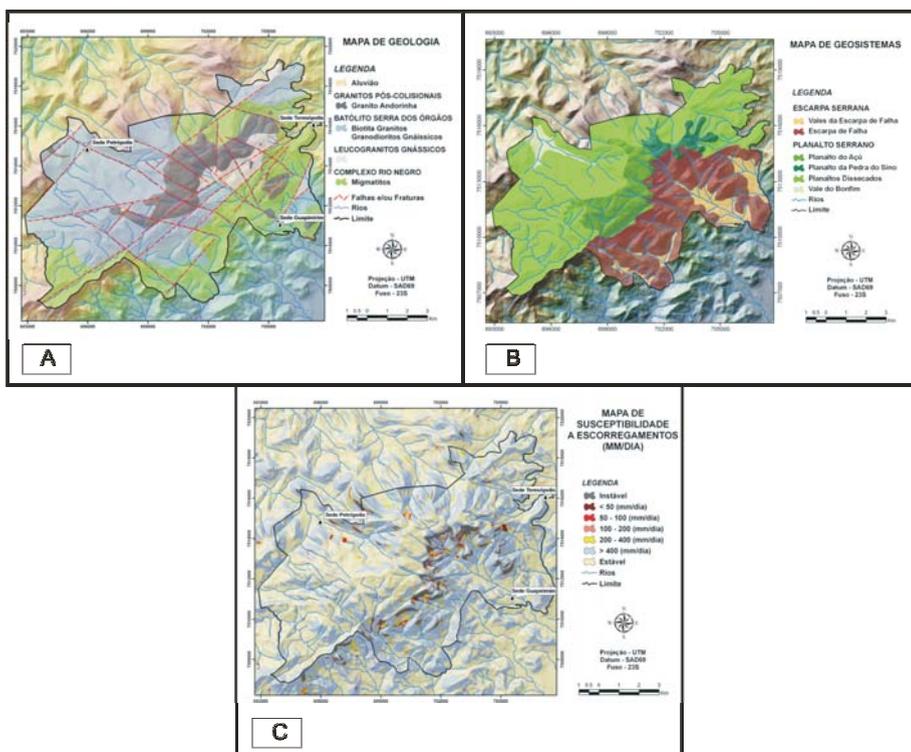


Figura 6 – Mapas e informações temáticas do Parque Nacional da Serra dos Órgãos: Geologia (a), Compartimentos Geomorfológicos (b) e Unidades de Paisagem (c).

- **Grupo 6:** recursos relacionados as cavidades naturais (caverna, abismo, colina, abrigo)
- **Grupo 7:** recursos relacionados ao produto trilha (trilha)
- **Grupo 8:** recursos relacionados a aspectos culturais (material, imaterial)

As informações coletadas dos atrativos foram divididas da seguinte forma:

- **Dados do atrativo** - Informações básicas, localização geográfica, unidade de conservação (Informações buscadas do Cadastro Nacional de Unidade de Conservação do MMA), bioma, propriedade particular, singularidade, descrição da paisagem do entorno, locais de destaque, peculiaridade da fauna, peculiaridade da flora, observações gerais e imagens do atrativo.
- **Característica** - São listadas informações bióticas e abióticas conforme o subtipo do atrativo (como exemplo para o subtipo “Morro” as características existentes são: geologia, geomorfologia, bem tombado, curiosidades).
- **Atividades Turísticas** - Tipos e subtipos de atrativos (aventura; escalada; interpretativa, observação de aves).
- **Acesso** - nome do acesso, portão de entrada, trechos do acesso com localização geográfica, alternativa de transporte de baixo impacto, adaptado para portadores de necessidades especiais, tipo de sinalização do percurso e descrição do acesso.

- Visitação - período para visitação, tempo mínimo para usufruir o atrativo, período de maior visitação, número médio de visitantes, restrições climáticas, idade, impactos e descrição do roteiro.
- Equipamento de apoio - dividido por grupo de serviço, equipamento, localização geográfica e imagens do equipamento. Ex: Alimentação – Lanchonete; Hospedagem – Pousada.

CONFIGURAÇÃO DO SIG-WEB UTILIZANDO O MAPSERVER

O MapServer é um ambiente de desenvolvimento de código aberto para a construção de aplicativos espaciais na internet (Butler, 2007). Originalmente o MapServer foi desenvolvido pelo projeto ForNet da Universidade de Minnesota (UMN) em cooperação com a NASA e o Departamento de Recursos Naturais de Minnesota (MNDNR). Atualmente o MapServer é abrigado pelo projeto TerraSIP, patrocinado conjuntamente pela NASA, UMN e um consórcio de organizações interessadas no gerenciamento da terra. Hoje o projeto MapServer reúne um número crescente de programadores de vários lugares do mundo, além de um grupo de organizações patrocinadoras que custeiam as melhorias e a manutenção do sistema (Butler, 2007). O MapServer já foi utilizado para a divulgação na Web de informações geológicas com propósito de Geoturismo na Bacia do Rio Corumbataí (Amorim et al., 2005).

O Mapserver pode ser utilizado em diversos sistemas operacionais, como Linux, Windows, Mac OS X, Solaris, entre outros (Butler, 2007). Com relação ao ambiente de desenvolvimento, além de ser baseado num *Common Gateway Interface* (CGI), que permite o desenvolvimento de um WebGIS sem qualquer

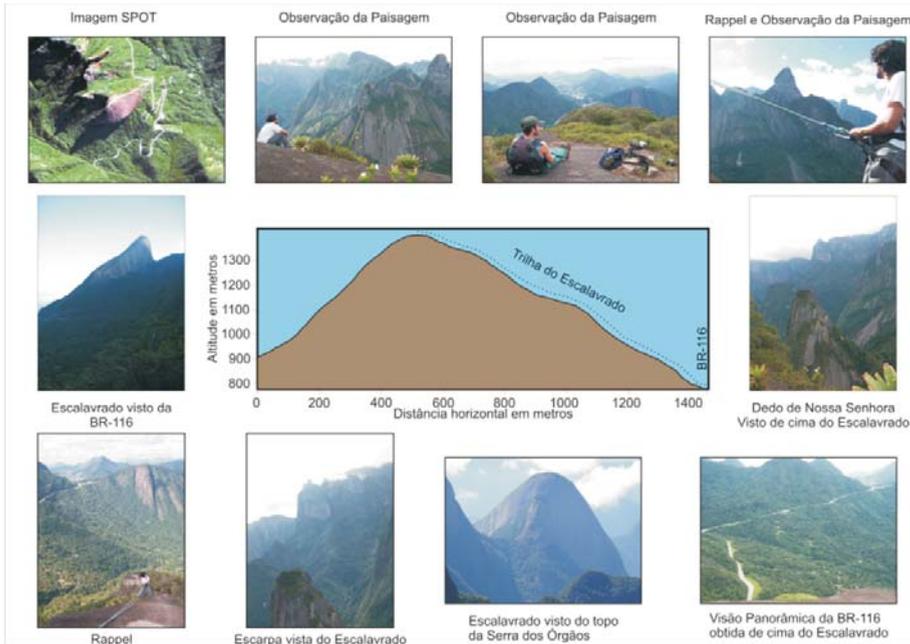


Figura 7 – Trilha do Escalavrado do PARNASO com presença de vários pontos de beleza cênica.

conhecimento de programação, suas funcionalidades podem ser acessadas por diversas linguagens tais como **Perl, Java, PHP, Python, Tcl, Ruby** e **C#** (OPENGEO, 2007).

Os formatos de arquivos suportados pelo MapServer são muitos, tanto vetoriais como matriciais, dentre eles podemos destacar os formatos de dados matriciais, TIFF/GeoTIFF, JPG, EPPL7 entre outros presentes na biblioteca GDAL e os formatos vetoriais ShapeFile ESRI, PostGis, Oracle Spatial e muitos outros via conexão OGR . Outra característica do software é a interoperabilidade, pois este adota as especificações do Open GIS Consortium (OGC), utilizando os protocolos WMS, WFS, WMC e WCS de intercâmbio de dados cartográficos (Butler, 2007).

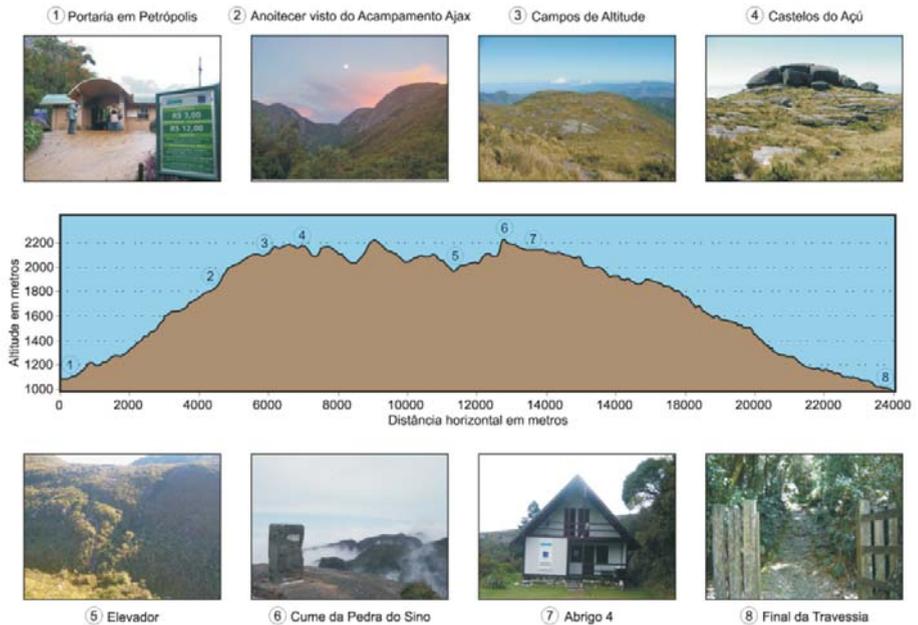


Figura 8 – Trilha referente a travessia entre a cidade de Petrópolis para Teresópolis, um dos principais roteiros turísticos do PARNASO.

Sobre o MapServer é importante ressaltar que este tem a capacidade de tratamento de projeções cartográficas em tempo real, permitindo unificar, de forma transparente, repositórios de dados cartográficos de diversas fontes (diferentes projeções, datum, fuso, etc) a partir da biblioteca PROJ4 (OPENGEO, 2007).

No presente trabalho os dados vetoriais referentes às linhas (p.ex., drenagem e estradas), polígonos (unidades estratigráficas) e pontos (pontos cotados, locais de interesse) foram armazenados no banco de dados PostgreSQL a partir do módulo espacial PostGis e utilizou-se o software i3geo como interface gráfica para a organização e apresentação dos dados na internet.

O i3geo é um software livre baseado no MapServer e desenvolvido pela Coordenação Geral de Tecnologia de Informação e Informática (CGTI) do Ministério do Meio Ambiente (MMA). Atualmente o i3geo integra o Portal do Software Público Brasileiro (www.softwarepublico.gov.br) sob a modalidade de licenciamento GPL que permite, dentre outras coisas, a alteração e redistribuição do seu código, contanto que o desenvolvedor original seja citado. O i3geo é um dos mais completos softwares de geoprocessamento para internet, dispondo de um grande número de ferramentas de navegação (zoom, pan, query, inserção de pontos e textos, seleção de feições, entre outras), análise espacial (buffer, operações espaciais, distância e distribuição de pontos, mapa de kernel, entre outras) e compartilhamento de dados (webservices cartográficos e textuais, geoRSS, ente outros), além disso disponibiliza um conjunto de interfaces (completa, atlas, zero cal e mobile) que podem ser usadas em conjunto ou separadamente no desenvolvimento de uma determinada aplicação.

No presente projeto buscou-se integrar as bases cartográficas com os textos explicativos dos locais turísticos em um ambiente amigável, de fácil consulta e amplo acesso pela Internet, desta forma utilizou-se a interface atlas do i3geo. Esta interface organiza as camadas de dados espaciais em guias (abas) de acordo com a temática que eles pertencem, por exemplo, os dados referentes à altimetria, compartimentação do relevo, entre outros ficam alocados na guia Geomorfologia e assim por diante. Nesta interface as guias simulam páginas de um livro que ao serem acessadas trazem uma série de camadas de dados espaciais predefinidos, além de uma janela (caixa de texto) com uma pequena explicação da temática selecionada, podendo ou não conter links para outras páginas onde o conteúdo temático pode ser tratado de forma mais aprofundada.

O Atlas de Ecoturismo do Parnaso é composto pelos seguintes itens: (1) título; (2) legenda contendo as diferentes camadas, com a funcionalidade de habilitar ou desabilitar os temas cartográficos; (3) guia de temas, este guia lista as camadas de dados disponíveis no atlas, permitindo ao usuário interagir com estes dados a partir de um conjunto de opções (editar legenda, criar filtros, inserir labels, entre outras); (4) guia dos destinos, contendo os links para outros atlas de ecoturismo, bem como funções para abrir a versão completa do i3geo ou criar um webservice (WMS) com os dados visualizados no mapa; (5) guia dos atrativos, onde o usuário pode acessar a lista de atrativos do Parnaso, com suas respectivas atividades e equipamentos; (6) barra de ferramentas, onde estão localizadas as funções de zoom, pan, query, medidas (distância e área), impressão, inserção de pontos e textos e interação com o google maps; (7) guias dos temas, que apresentam os mapas e mostram a janela contendo um texto explicativo do tema selecionado e links para outras páginas; e (8) coordenadas e escala gráfica e textual (**Figura 9**).

VISUALIZAÇÃO EM TRÊS DIMENSÕES

Apesar de todos os recursos disponíveis na internet para a apresentação e realce de trabalhos científicos, os recursos gráficos disponíveis foram direcionados para a apresentação e interação com o usuário utilizando a plataforma gráfica em 2D (duas dimensões). Esta estrutura é limitada para alguns objetivos pela dificuldade na apresentação de objetos e estruturas reais, como também na interação do usuário com a manipulação ou “visão espacial” destes objetos.

A solução para as limitações bidimensionais na apresentação e distribuição de conteúdo surgiu em 1997 com a proposição de um padrão aberto de intercambio

em 3D (três dimensões) denominado VRML (Virtual Reality Modeling Language – Linguagem para Modelagem de Realidade Virtual) (Bell et al. 2008, Brutzman, 1998.). O VRML funciona de maneira semelhante ao HTML (Hyper Text Meta Language) empregado como base na construção de páginas na internet. Mas não se trata de uma extensão dos recursos do HTML, consiste em um novo meio com recursos próprios para a criação de ambientes gráficos tridimensionais. A grande inovação do VRML está em sua integração aos *browsers* (navegadores) de internet (Internet Explorer, Firefox, etc.), permitindo que o usuário final utilize o mesmo produto para a navegação em duas ou três dimensões. Apesar de estar desenvolvida há 11 anos, somente hoje pudemos usufruir da plenitude do VRML devido os recursos de velocidade da internet e a capacidade gráfica

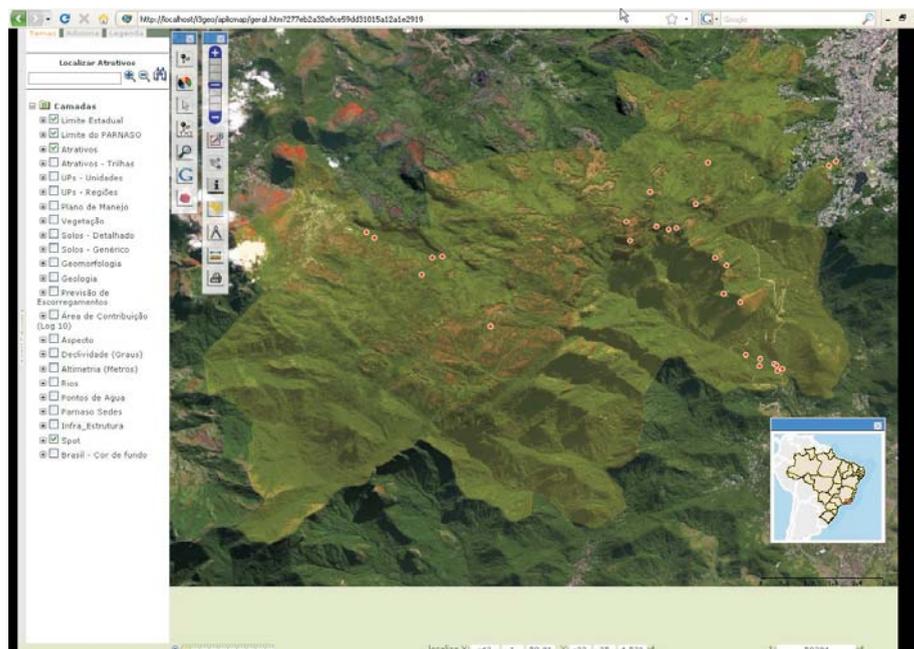


Figura 9 – Exemplo de tela do SIGECOTUR utilizando o Mapser:

tridimensional dos computadores. Alguns trabalhos têm sido desenvolvidos com VRML para demonstrar informações cartográficas, como dados da relação solo-paisagem (Grunwald et al., 2000).

Neste projeto foi realizada a transposição da superfície do relevo do parque nacional para o formato VRML, com o objetivo de trazer para o usuário a capacidade de visualizar e interagir virtualmente com os atrativos e características presentes. Cada parque foi modelado tridimensionalmente utilizando dados de altimetria e ao resultado foi sobreposto informações de imagens de satélite ou cartas temáticas (**Figura 10**). A geração de mapas digitais 3D é usualmente obtida através do Modelo Digital do Terreno (MDT), que é um agrupamento espacial de dados de curvas de nível e pontos altimétricos, representando uma determinada superfície em uma estrutura matemática que permita sua

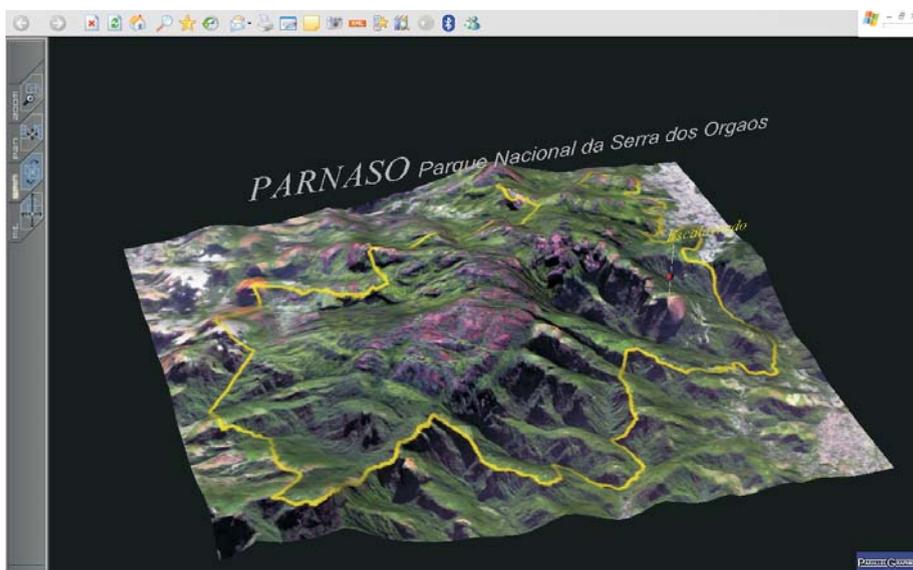


Figura 10- Visualização 3D desenvolvido para o Parque Nacional da Serra dos Órgãos.

visualização tridimensional e a extração de informações derivadas. Segundo Bahaire & Elliott-White (1999) as feições altimétricas disponíveis no mapa digital 3D são visualmente guias e atrativos para áreas de ecoturismo. Além da beleza cênica produzida pela variação topográfica, temas acadêmicos, como geomorfologia, geologia, vegetação e solos, podem ser discutidos e observados. Esta forma de visualização juntamente com o histórico local tornam-se fontes para a educação ambiental e elaboração de trilhas interpretativas.

Este conjunto de dados georeferenciados foi otimizado para permitir uma fácil navegação através da internet (imagens ou dados demasiadamente grandes causariam um demora excessiva no carregamento pelo browser e a insatisfação do usuário). Como resultado deste processamento foi obtido modelos tridimensionais que podem agora ser rotacionados, ampliados ou reduzidos através da interação direta do usuário. Este módulo não necessita de um programa gráfico especializado ou um conhecimento prévio para operá-lo.

Além da modelagem tridimensional foi introduzida a posição georeferenciada dos atrativos turístico a partir de um indicador tridimensional ativo contendo uma animação gráfica ativa e interativa (**Figura 11**). Esse recurso foi construído na linguagem PHP. Desta forma, diversos marcadores foram introduzidos na linguagem VRML que oportunamente são acionados (lat, long, nome do atrativo, entre outros) criando um posicionamento dinâmico dos atrativos sobre o modelo tridimensional. Nesta função o usuário ao aproximar o mouse de um atrativo específico tem como resposta do VRML uma fotografia do local (**Figura 12**). Além disso, torna-se possível obter mais informações sobre um determinado atrativo por meio da visualização de uma página HTML (previamente

construída) com as demais características existentes.

Durante o desenvolvimento do projeto ficou clara a potencialidade praticamente inexploradas de modelos 3D para a apresentação via internet de trabalhos e projetos científicos. O VRML, com certeza, deve ser incentivado como ferramenta na produção de material científico bem como novas ferramentas em desenvolvimento como o X3D e o Xj3D, produtos inspirados no VRML.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As informações espaciais e cartográficas é um importante componente no planejamento turístico, permitindo uma rápida construção de trajetos por um potencial visitante. Além disso, a alocação de áreas para o turismo pode ter um impacto ambiental, social e econômico devendo ser minuciosamente monitorado. Um SIG específico aberto ao público pode auxiliar tanto o planejamento de um turista como para o suporte de decisão pelo órgão gestor.

Os locais de interesse turísticos estão vinculados com a qualidade visual, a paisagem cênica e outros atrativos naturais que podem ser explorados pelo emprego de um sítio específico na internet. Desta forma, o SIGECOTUR disponibiliza informações espaciais para a pesquisa, conciliando diversos tipos de informações como fotografias temáticas, simulações digitais, textos explicativos, entre outros. Dentre as ferramentas desenvolvidas para incrementar a capacidade de visualização e entendimento das áreas selecionadas destaca-se a visualização 3D por meio de modelos digitais de terreno. Entendemos que, além da inerente função simbólica, as mais recorrentes são as de ordem informativa, estética e geográfica, podendo realizar-se uma ou mais destas funções.

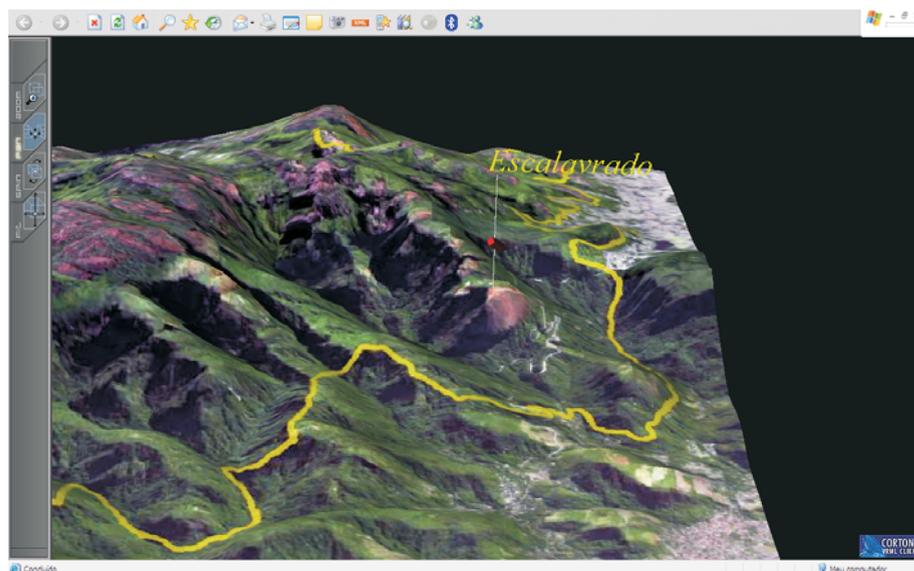


Figura II - Visualização 3D do Parque Nacional da Serra dos Órgãos com o posicionamento do atrativo do Escalavrado.

O portal desenvolvido pode ser considerado funcional com capacidade de armazenamento, integração, disponibilização e consulta de dados georreferenciados, estando pronto para ser disposto ao público. O sistema foi elaborado de modo que a interação do usuário, seja fácil sem necessitar de conhecimentos avançados das técnicas de geoprocessamento, sendo prática a aquisição de informações sobre os atrativos e/ou características ambientais da região de interesse. O fato de o SIG ser baseado em programa livre e de código aberto faz com que diminua os custos e que este permita o desenvolvimento de módulos futuros. As ferramentas disponibilizadas servem plenamente ao propósito de integrar e exibir as bases de dados georreferenciadas e cartográficas em um ambiente SIG acessível pela Web.

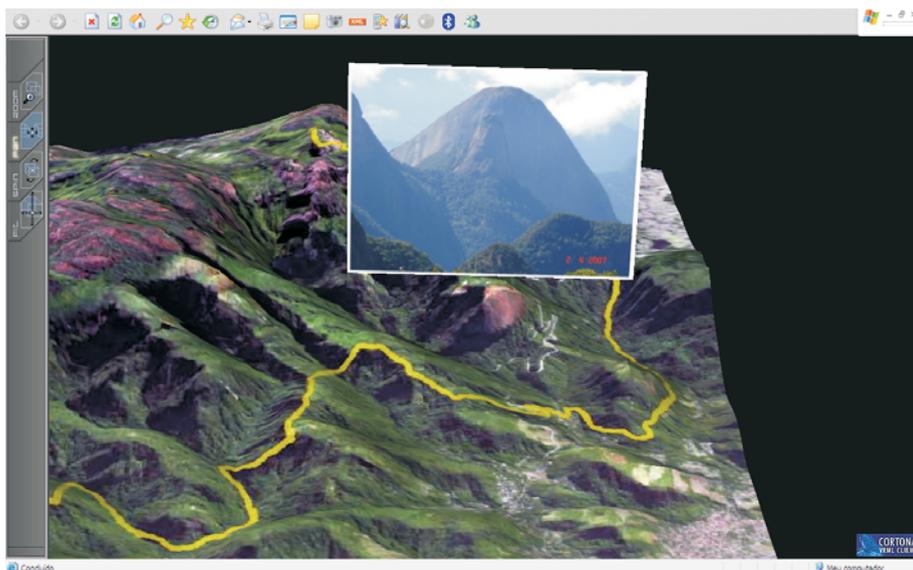


Figura 12 - Visualização 3D do Parque Nacional da Serra dos Órgãos com o posicionamento do atrativo do Escalavrado.

Portanto, espera-se que a futura publicação do sítio público do SIGECOTUR seja uma fonte de esclarecimentos, uma porta para a discussão com a sociedade e um incentivo ao ecoturismo. Além disso, busca-se expandir essa experiência para outros parques nacionais para divulgar e melhorar a visitação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos seguintes financiadores: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento das bolsas de pesquisador dos professores Osmar Abílio de Carvalho Júnior e Renato Fontes Guimarães; Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da bolsa de mestrado do autor Sandro Nunes de Oliveira; Ministério de Meio Ambiente (MMA) que custeou o trabalho de cam-

po; e ao Parque Nacional da Serra dos Órgãos que forneceu apoio logístico. Especialmente, os autores agradecem a equipe do PREVFOGO do PARNASO que apoiou o trabalho de campo ajudando no suporte logístico de locomoção na área de estudo e aos membros do Laboratório de Sistemas de Informações Espaciais (LSIE) da Universidade de Brasília pelas críticas e sugestões realizadas durante a elaboração do artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDANA, A.T. & FLORES, E.J. (1999). La corriente comunicacional o semiológica de La cartografía temática. *Geoenseñanza*, 4 (2): 223-236.
- AMORIM, G.M.; EBERT, H.D. & HORST, R. (2005). Integração de informações geológicas para o Geoturismo na Bacia do Rio Corumbataí e sua divulgação na Web através do Mapserver. *Geociências*, 24 (3): 221-238.
- BAHAIRE, T. & ELLIOTT-WHITE, M. (1999). The Application of Geographical Information Systems (GIS) in Sustainable Tourism Planning: A Review. Department of Tourism and Environment, University of Lincolnshire and Humberside. *Journal of Sustainable Tourism*, 7 (2): 1-16.
- BARBOSA, A. M. (2003). *Subsídios para o planejamento em ecoturismo na região do Médio Rio Grande, Minas Gerais, utilizando Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto*. (INPE-10293-TDI/912). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 249 p.
- BARBOSA, A.M.; SOARES, J.V. & MEDEIROS, J.S. (2003). Utilização de sistemas de informações geográficas e produtos de sensoriamento remoto como subsídio para planejamento em ecoturismo no município de Capitólio – MG. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11., Belo Horizonte. *Anais XI SBSR*, São José dos Campos: INPE, p. 551-558.

- BARBOSA, A.M.; SOARES, J.V. & MEDEIROS, J.S. (2005). Subsídios para o planejamento em ecoturismo, na região do Médio Rio Grande (MG), utilizando geoprocessamento e sensoriamento remoto. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., Goiânia. *Anais XII SBSR*. São José dos Campos: INPE. p. 2035-2042.
- BARBOSA, A.M.; SOARES, J.V. & MEDEIROS, J.S. (2005). Subsídios para o planejamento em ecoturismo, na região do Médio Rio Grande (MG), utilizando geoprocessamento e sensoriamento remoto. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., Goiânia. *Anais XII SBSR*. São José dos Campos: INPE. p. 2035-2042.
- BARBOSA, A.M.; SOARES, J.V.; MEDEIROS, J.S.; VENEZIANI, P. & FLORENZANO, T.G. (2007). Técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para mapas temático de ecoturismo: subsídios para planejamento. *Geografia (Rio Claro)*, 32: 423-441.
- BELL, G., PARISI, A. & PESCE, M. (2007). The virtual reality modeling language, version 1.0 specification, <http://www.web3d.org/technicalinfo/specifications/vrml1.0.htm>. acessado em 26/08/2007.
- BOYD, S.W.; BUTLER, R.W.; HAIDER, W. & PERERA, A. (1994). Identifying areas for ecotourism in northern Ontario: application of a geographic information system methodology. *Journal of Applied Recreation Research*, 19(1): 41-66.
- BRABYN, L. (1996). Landscape classification using GIS and national digital databases. *Landscape Research*, 21: 277-300.
- BRUTZMAN, D. (1998). The Virtual Reality Modeling Language and Java. *Communications of the ACM*, 41(6): 57-64.
- BURBECK, S. (1987). Applications Programming in Smalltalk-80(TM): How to use Model-View-Controller(MVC). Softsmarts Inc.
- BUTLER, H. (2007). Bem Vindo ao MapServer. http://mapserver.gis.umn.edu/bem-vindo-ao-mapserver?set_language=pt

- CARVALHO JUNIOR, O.A.; COELHO, M.A.N.; MARTINS, E.S.; GOMES, R.A.T.; COUTO JÚNIOR, A.F.; DE OLIVEIRA, S.N. & SANTANA, O.A. (2007). Mapeamento da vegetação na floresta atlântica usando o classificador de árvore de decisão para integrar dados de sensoriamento remoto e modelo digital de terreno. *Revista Brasileira de Geofísica* (aceito).
- CHEN, R.J.C. (2007). Geographic information systems (GIS) applications in retail tourism and teaching curriculum. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 14: 289–295.
- COSTA, P.C. (2002). *Unidades de Conservação – matéria prima do ecoturismo*. São Paulo: Aleph (série turismo). 163p.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; AZEVEDO, L. G.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V. (2001). *Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial*. São José dos Campos: INPE, junho 2001, 80 p. INPE/8454/RPQ/722.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T.G & DUARTE, V. (1996). *Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológicoeconômico*. São José dos Campos: INPE, 18 p. (INPE 6145-PUD/028).
- DU, W. & GABAY, Y. (2002). Scalable and interoperable tourism information system based on the WebGIS. In: *Proceedings of Map Asia 2002*. (<http://www.gisdevelopment.net/technology/gis/techgi063.htm>).
- DYE, A.S. & SHAW, S.L. (2007). A GIS-based spatial decision support system for tourists of Great Smoky Mountains National Park. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 14: 269–278.
- ELLENBERG H. (1979). Man's influence on tropical mountain ecosystems in South America. *Journal of Ecology*, 67: 401–416.

- ELLIOTT-WHITE, M.P. & FINN, M. (1997). Growing in sophistication: the application of geographic information systems in post-modern tourism marketing. *Journal of Travel and Tourism Marketing*, 7(1): 65–84.
- FABOS, J.G. (1979). Planning and landscape evaluation. *Landscape Research*, 4(2): 4-10.
- FERRARI, A.L.; MELO, E.F.; VAZ, M.A.; DALCOMO, M.T.; BRENNER, T.L. SILVA, V.P. NASSAR, W.N. (1981). Folha Itaboraí, Maricá, Saquarema, e Baía de Guanabara. Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: DRM/Geomitec.
- FLORES, J.A.V. (2005). *Da paisagem imposta à paisagem desejada: a dimensão cultural como eixo referencial na recuperação de cenários degradados*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 247p
- GRUNWALD, S.; BARAK, P.; MCSWEENEY, K. & LOWERY, B. (2000). Soil landscape models at different scales portrayed in virtual reality modeling language. *Soil Science*, 165 (8): 598 - 615.
- HETZER, N.D. (1965). Environment, tourism, culture. Links: Reprint in *Ecosphere* (1970) 1(2): 1-3. Disponível em: <<http://www.fieue.edu/ecosphere.shtml>>.
- HOERSCH B, BRAUNB G & SCHMID U. (2002). Relation between landform and vegetation in alpine regions of Wallis, Switzerland. A multiscale remote sensing and GIS approach. *Computers, Environment and Urban Systems*, 26: 113–139.
- HOUAISS, A. (2001). *Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa*. São Paulo: Objetiva. 2922 p.
- HUTCHINSON, M.F. (1989). A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. *Journal of Hydrology*, 106, 211-232.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE - ICMBio. (2007). *Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra dos Órgãos*. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 365p.

- LÉVY, P. (1995). *As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática*. Rio de Janeiro: Editora 34, 204p.
- MANSUR, K. & ERTHAL, F. (2003). Preservação do patrimônio natural. Desdobramentos do Projeto Caminhos Geológicos no Estado do Rio de Janeiro. In: Simpósio de Geologia do Sudeste, 8, São Pedro. *Boletim de Resumos...* Rio Claro: Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo São Paulo, p. 235.
- MARTINS, E.S.; CARVALHO JUNIOR, O.A.; DE SOUZA, V.V.; COUTO JUNIOR, A.F.; DE OLIVEIRA, S.N., GOMES, R.A.T. & REATTO, A. (2007). Relação Solo-Paisagem em Vertentes Assimétricas no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, RJ. *Revista Brasileira de Geomorfologia* (aceito).
- MARTZ, L.W. & GARBRECHT, J. (1995). Automated recognition of valley lines and drainage networks from grid digital elevation models: a review and a new method - comment. *Journal of Hydrology*, 167, 393-396.
- MOURA, A.C.M.; OLIVEIRA, S.P. & LEÃO, C. (2006). Cartografia e geoprocessamento aplicados aos estudos em turismo. *Geomática*, Santa Maria, 1(1): 77-87.
- OLIVEIRA, S.N.; CARVALHO JUNIOR, O.A.; DA SILVA, T.M.; GOMES, R.A.T.; GUIMARÃES, R.F. & MARTINS, E.S. (2007a). Delimitação e análise multivariada de atributos morfométricos de bacia de drenagem usando modelo digital de elevação hidrologicamente corrigido. *Revista Brasileira de Geomorfologia* (aceito).
- OLIVEIRA, S.N.; CARVALHO JUNIOR, O.A.; MARTINS, E.S. DA SILVA, T.M.; GOMES, R.A.T. & GUIMARÃES, R.F. (2007b). Definição de unidades de paisagem para exploração turística do parque nacional da serra dos órgãos, rio de janeiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia* (aceito).
- OPENGEO (2007). MapServer - O mais completo Servidor de Mapas. <http://www.opengeo.com.br/br/?q=node/16>.
- PENHA, H.; FERRARI, A.L.; RIBEIRO, A.; AMADOR, E.S.; PENTAGNA, F.V; JUNHO,

- M.C.B. & BRENNER, T.L. (1979). *Folha Petrópolis. Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: DRM/UFRJ.
- PINTO, C.P.; SERPA, J.C.; DUTRA, J.E.B.; HETTICH, M. & ANDRADE, N.T. (1980). *Folhas Anta, Duas Barras, Teresópolis e Nova Friburgo. Projeto carta geológica do estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: DRM/Geosol.
- PRONI, D. & WEISMAN, T. (1999). *The VR Worx; Integrated Authoring Environment for QuickTime VR*. Pittsburgh: VR Toolbox Inc, 255 p
- RADAMBRASIL. (1983). Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral - *Folhas SF. 23/24 Rio de Janeiro/Vitória. Geologia*, vol. 32, p. 56-66.
- RUSCHMANN, D.V.M. (1997). *Turismo e planejamento sustentável: a proteção do meio ambiente*. Campinas: Papirus, 199 p.
- SARMIENTO, G. (1986). Ecological features of climate in high tropical mountains. In: Vuilleumier, F. & Monasterio, M. (Eds.), *High altitude tropical biogeography*. Oxford University Press, Oxford. pp. 11–45.
- SAVITSKY, B.; ALLEN, J. & BACKMAN, K.F. (1999). The role of geographic information system (GIS) in tourism planning and rural economic development. *Tourism Analysis*, 4 (3/4): 187 – 199.
- SERRANO, L.; USTIN, S.L.; ROBERTS, D.A.; GAMON, J.A. & PEÑUELAS, J. (2000). Deriving Water Content of Chaparral Vegetation from AVIRIS Data. *Remote Sensing of Environment*, 74: 570–581.
- SILVA, L.C.; SANTOS, R.A.; DELGADO, I.M. & CUNHA, H.C.S. (2000). *Mapa geológico do Rio de Janeiro, escala 1:50.000*. Serviço Geológico do Brasil (CPRM) – Divisão de Geologia Básica, Departamento de Recursos Minerais (DRM), Rio de Janeiro.
- SILVA, T.M. (2003) A estruturação geomorfológica do Planalto Atlântico no Estado do Rio de Janeiro. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 10, Rio de Janeiro.

ro. *Anais do X SBGFA*. Rio de Janeiro: GEOUERJ, 11 p.

- SKILENAR, P. & LAEGAARD, S. (2003). Rain-shadow in the high Andes of Ecuador evidenced by paramo vegetation. *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, 35: 8–17.
- TORRES, H.G.; MARQUES, E. & FERREIRA, M.P. (2003). Pobreza e espaço: padrões de segregação em São Paulo. *Estudos Avançados*, 17(4): 97-128.
- TURCOTTE, R.; FORTIN, J.P.; ROUSSEAU, A.N.; MASSICOTTE, S.; VILLENEUVE, J.P. (2001). Determination of the drainage structure of a watershed using a digital elevation model and a digital river and lake network. *Journal of Hydrology*, 240:225-242.
- USTIN, S.L.; ROBERTS, D.A.; GAMON, J.A.; ASNER, G.P. & GREEN, R.O. (2004). Using imaging spectroscopy to study ecosystem processes and properties. *Bioscience*, 54(6): 523-534.
- VELDKAMP, A.; KOK, K.; KONING, G.H.J.; SCHOORL, J.M.; SONNEVELD, M.P.W.; VERBURG, P.H. (2001). Multi-scale approaches in agronomic research at landscape level. *Soil & Tillage Res.*, 58: 129-140.
- ZAINE, M.F. (1996). *Patrimônios naturais da Região de Rio Claro, Ipeúna e Serra dos Padres – Análise da compatibilidade com a ocupação e considerações sobre sua exploração e conservação*. Tese (Pós-Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro, Rio Claro, 127p.
- ZIMMERMANN, N.E. & KIENAST, F. (1999). Predictive mapping alpine grasslands in Switzerland: species versus community approach. *Journal of Vegetation Science*, 10: 469–482.
- ZONNEVELD, I.S. (1989). The Land Unit – A fundamental concept in landscape ecology, and its applications. *Landscape Ecology*, 3(1): 67-86.