

O uso de imagens de alta resolução na elaboração de planos de manejo: o caso da Reserva Biológica da Serra Geral, Rio Grande do Sul

Ricardo Aranha Ramos¹
Arlete Ieda Pasqualetto¹
Eduardo da Silva Pinheiro²
Daniel Duarte Neves¹
Everton Luis Luz de Quadros¹

¹ Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul – FZB
Museu de Ciências Naturais - Laboratório de Geoprocessamento
Caixa Postal 1188 – 90001-970 – Porto Alegre – RS, Brasil
geoprocess@fzb.rs.gov.br

² Universidade de São Paulo – USP/EESC
Pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental
Caixa Postal, 292 – CEP 13560 - 790 - São Carlos, SP.
pinheiro_rs@yahoo.com.br

Abstract. This paper presents the results of the application of high-resolution satellite images (Quickbird and SPOT-5) in the mapping of land use/land cover of a protected area in the Atlantic forest of southern Brazil (Serra Geral State Biological Reserve). We used geographic information systems and remote sensing techniques to define environmental zones within the reserve and to identify potential ecological corridors around it. The use of QuickBird and SPOT-5 satellite images allowed a detailed mapping of the area, including definition of vegetation zones and a clear differentiation of araucaria *vs.* broadleaved rain forests and of early/medium successional *vs.* old-growth forests stages. We conclude that high-resolution satellite images are fully adequate for environmental characterization of natural protected areas. The products generated by this study may also be used to monitor future vegetational/land use changes within the reserve.

Key words: high-resolution image, land use/land cover, management plans, conservation. imagens de alta resolução, uso e cobertura da terra, plano de manejo, conservação.

1. Introdução

Entre as diversas estratégias de conservação da biodiversidade no mundo, está a conservação “*in situ*”, ou seja, no próprio ambiente natural, através de Áreas Naturais Protegidas (Unidades de Conservação – UCs). Esta estratégia de conservação não é uma idéia nova, mas sim o fruto de uma longa história de atitudes relacionadas à proteção da natureza, sejam estas motivadas por interesses práticos ou mesmo crenças religiosas (Antônio & Duarte, 2004; Davenport & Rao, 2002). Estas áreas são essenciais à manutenção da biodiversidade, proteção dos recursos hídricos, favorecimento da pesquisa científica e da educação ambiental, desenvolvimento do ecoturismo e da recreação, proteção dos sítios históricos/culturais, entre outros (Silveira, 2004).

Em consequência das diversas funções das Unidades de Conservação torna-se necessário um planejamento adequado para alcançar os objetivos propostos (Silveira, 2004). Segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Lei n° 9.985, 18/07/2000) as UCs são classificadas em Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável. Cada categoria necessita de um planejamento específico, o qual resulta de um plano de manejo apropriado. O plano de manejo apresenta todas as ações e objetivos que devem nortear a administração da UC (Silveira, 2004).

A complexidade de análise e integração das diferentes variáveis que compõem o ambiente pode dificultar a implementação e o planejamento ambiental adequado (Neto *et al.*, 2001).

Nos últimos anos, técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento tornaram-se ferramentas que auxiliam de forma expressiva no planejamento e na tomada de decisões, de modo a subsidiar diagnósticos ambientais, elaboração do zoneamento ecológico e do plano de manejo. Hoje, dados de satélites com alta resolução espacial, como o *QuickBird*, permitem realizar análises detalhadas do ambiente, em períodos curtos e com custos menores, competindo com levantamentos aerofotogramétricos (Nale, 2002; Jacobsen, 2003). Imagens do satélite, como o francês *SPOT-5*, permitem uma visão sinótica do ambiente com resolução espacial detalhada.

Este trabalho apresenta os resultados da aplicação de imagens de satélite com alta resolução (*QuickBird* e *SPOT-5*) para o mapeamento do uso e cobertura da terra de uma Unidade de Conservação de Proteção Integral, a Reserva Biológica da Serra Geral (RBSG) e seu entorno. O mapeamento serviu como subsídio para definir o zoneamento, área de amortecimento e corredores ecológicos para o Plano de Manejo da Reserva, dentro do “Projeto Conservação da Mata Atlântica no Rio Grande do Sul”. A RBSG é uma unidade de conservação estadual, a qual tem como objetivo a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica. O acesso à unidade é restrito à realização de pesquisas científicas e ao desenvolvimento de atividades de educação ambiental (Duarte & Bencke, 2006).

2. Área de Estudo

A área de estudo está localizada no domínio da Mata Atlântica, entre as coordenadas 29°30'00" S, 29°40'00" S e 50°00'00" W, 50°20'00" W; compreende, parcialmente, doze municípios do nordeste do Estado do Rio Grande do Sul (**Figura 1**). Além da Reserva Biológica da Serra Geral, a área inclui o Parque Estadual da Mata Paludosa e parte de duas Áreas de Proteção Ambiental (APA) municipais, Caraá e Riozinho. A RBSG foi criada a partir do Decreto Estadual nº 30.788, de 27/07/1982, inicialmente com uma área aproximada de 1.700 hectares. Em 2002, por meio do Decreto Estadual nº 41.661, de 04/06/2002 foi ampliada para 4.845,76 hectares.

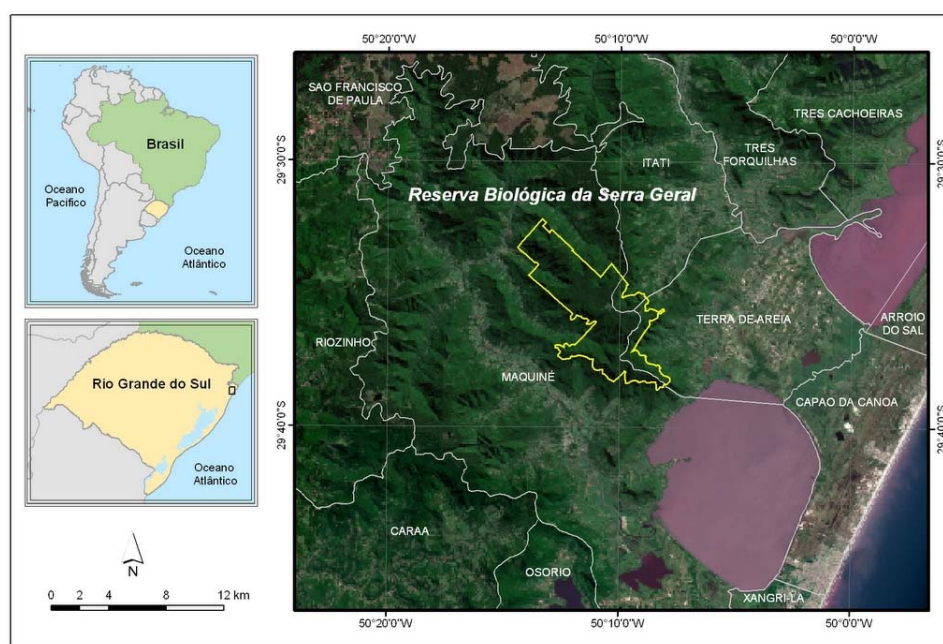


Figura 01. Mapa de localização da área de estudo.

Segundo o decreto de criação, o objetivo da RBSG é proteger as nascentes dos rios Solidão, Encantado, Ligeiro, Carvão, Forqueta, Sanga Funda e Três Pinheiros, bem como os habitats representados na Mata Atlântica *strictu sensu* (Floresta Ombrófila Densa Submontana e Montana), na Mata com Araucária (Floresta Ombrófila Mista) e nos Campos de Cima da Serra (Savana Gramíneo-Lenhosa).

3. Material e Métodos

O mapeamento do uso e cobertura da terra da RBSG foi realizado de maneira a atender as necessidades de seu plano de manejo. De uma forma esquemática podemos resumir os métodos empregados no seguinte fluxograma (Figura 2).

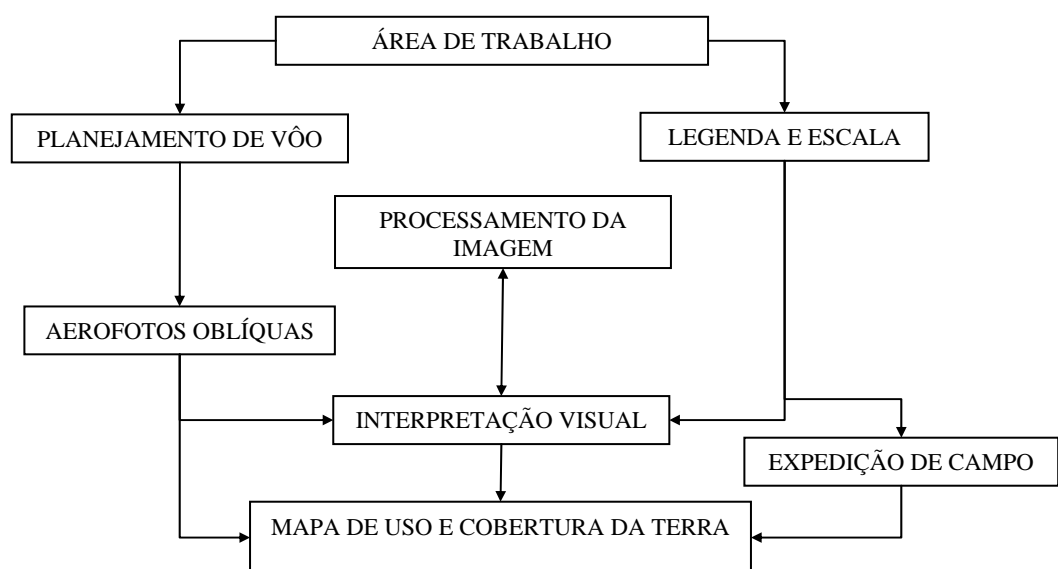


Figura 2. Fluxograma das etapas envolvidas no mapeamento de uso e cobertura da terra.

O mapeamento foi desenvolvido em duas escalas, o que resultou em dois produtos distintos, porém complementares. Na área da Reserva Biológica da Serra Geral foi utilizada a imagem do satélite *QuickBird*, de 08/01/04 com resolução espacial de 0,67m (banda pancromático) e 2,5m (bandas multiespectrais, azul, verde, vermelho e infravermelho-próximo). Para o entorno da Reserva foram utilizadas duas imagens do sensor HRG (*High-Resolution Geometric*) do satélite *SPOT-5*, cenas 712-409 de 02/08/02 e 712-410 de 29/03/03, multiespectral composta por 4 bandas: 1(Verde), 2(Vermelho), 3(Infravermelho próximo), 4(Infravermelho médio), com 10m de resolução e pancromática com 5 metros de resolução. Também foram utilizados no mapeamento aerofotos oblíquas de pequeno formato adquiridas em 03/03/2006, GPS *Garmin III Plus* e GPS *Trimble GeoExplorer II*. Os programas utilizados para o processamento dos dados foram o ENVI 4.1 (*Environment for Visualizing Images*) da RSI e o ArcGis 9.0 da ESRI.

Para obter as fotografias aéreas oblíquas de pequeno formato foi utilizada aeronave monomotor de asa alta, com uma equipe formada por um fotógrafo e um navegador para a tomada de coordenadas com receptor GPS. No planejamento do sobrevôo, foi estipulado o posicionamento da aeronave sobre as áreas de interesse, considerando-se aspectos como o tamanho da área e a otimização do tempo de vôo. Estabeleceu-se que, devido ao relevo acidentado da área, as linhas de vôo acompanhariam o fundo dos vales, a uma altura média de 300 metros, para obter a melhor cobertura possível das áreas de interesse.

A correção geométrica da imagem *QuickBird* foi realizada com o modelo função racional (Tao & Hu, 2001). Neste processamento, foram utilizados pontos de controle com coordenadas pós-processadas adquiridos em campo com o GPS *Trimble GeoExplorer II*, o modelo digital de elevação e os dados dos coeficientes racionais polinomiais (RPC). As imagens *SPOT-5* foram georreferenciadas utilizando-se o modelo polinomial de 1º grau com pontos de controle adquiridos em cartas topográficas da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército, em escala 1:50.000.

Nas duas escalas de análise, a classificação das imagens foi feita a partir da interpretação visual dos alvos e digitalização das classes na tela do computador (Pinheiro & Kux, 2005), onde aspectos como textura, forma, cor e brilho foram considerados. Apesar da subjetividade desse método, esta foi uma importante opção para mapeamento, pois através de elementos visuais tornou-se possível distinguir determinados elementos que através de métodos estatísticos, tradicionais, de classificação de imagens não seria possível discriminar, confirmando o descrito por Blaschke & Strobl (2001). Além disso, com o auxílio das aerofotos oblíquas de pequeno formato, foi possível identificar e distinguir os diferentes usos e coberturas, conforme método apresentado por Ramos *et al.* (2001).

A legenda foi dimensionada para atender as duas escalas de trabalho, levando-se em conta as limitações de interpretação inerentes aos sensores utilizados. Para a área da RBSG a legenda apresenta um número menor de classes, não obstante um nível maior de detalhamento. Na área do entorno, devido a sua maior superfície, foi mapeado um número maior de classes, porém mais generalizadas, em função da escala menor. No entorno, devido a limitações da imagem *SPOT-5*, o critério para separação entre a Floresta Ombrófila Mista e a Floresta Ombrófila Densa foi a cota de 800m de altitude, de acordo com IBGE (1990).

Finalmente, a etapa de reambulação permitiu o refinamento da classificação de uso e cobertura da terra, uma vez que, além de executar levantamentos botânicos para elucidar dúvidas, foi possível constatar que a cota de 800m seria um bom instrumento de delimitação da área de transição entre as florestas acima citadas. Nesta etapa do trabalho, também foram definidos os critérios para estabelecer as áreas de sucessão secundária inicial, média e avançada.

4. Resultados e Discussão

As imagens *QuickBird* associadas às aerofotos oblíquas e aos trabalhos de campo permitiram gerar um mapa detalhado de uso e cobertura da terra da Reserva Biológica de Serra Geral (**Figura 3**). Neste sentido, foi possível detalhar as formações florestais e campestres, sucessões secundárias e áreas antropizadas. A **Tabela 1** apresenta as classes mapeadas e a sua área em hectares (ha). A escala final de mapeamento, 1:25.000, atendeu perfeitamente às exigências do plano de manejo da referida unidade de conservação.

Na RBSG há uma dominância de áreas florestais nas encostas e no topo, áreas com uso agropecuário nos vales, especialmente, próximo aos cursos d'água. No topo destacam-se manchas de Floresta Ombrófila Mista, com fácil identificação na imagem *QuickBird* pela presença de *Araucaria angustifolia* (pinheiro-brasileiro), bem como pequenas manchas abertas de campo com turfeiras (**Figura 3**).

A RBSG apresenta elevado grau de preservação, visto que mais de 95% de sua superfície ainda são cobertos por vegetação original. O restante é ocupado por formações vegetais secundárias ou por uso antrópico. As áreas com uso antrópico, constituídas pela agricultura, solo exposto e construções, somadas, representam apenas 0,39% da reserva biológica (**Tabela 1**). Estudos realizados na região demonstraram que um dos fatores limitantes à ocupação e conseqüente devastação da floresta é a topografia com encostas íngremes e grandes escarpas que dificultam atividades de agropecuária (Pinheiro & Kux, 2004).

Tabela 1. Área e percentual das classes de uso e cobertura da terra da RBSG.

Classe	Área (ha)	%
Floresta Ombrófila Mista	375,73	7,75
Floresta Ombrófila Densa	4174,72	86,15
Floresta Ombrófila Densa secundária em estágio avançado	114,12	2,35
Floresta Ombrófila secundária em estágio avançado *	68,82	1,42
Vegetação rupestre	53,18	1,10
Turfeira	11,39	0,24
Campo	28,52	0,59
Agricultura	16,17	0,33
Solo exposto	3,13	0,06
Construção	0,02	0,00
TOTAL	4845,79	100

* Áreas de transição de Floresta ombrófila Densa e Mista

Essa situação contrasta com a área de entorno da RBSG, geralmente com altitudes inferiores a 600m e relevo menos acidentado, onde a vegetação original perfaz apenas 38% da superfície, onde há o predomínio de vegetação secundária e áreas agrícolas (**Tabela 2**).

Tabela 2 – Área do entorno da Reserva Biológica da Serra Geral.

Classes	Área (ha)	%
Floresta Ombrófila Mista	5750,72	10,06
Floresta Ombrófila Densa	13399,36	23,44
Floresta Ombrófila Densa paludosa	42,57	0,07
Floresta Ombrófila Densa secundária em estágio avançado	523,59	0,92
Floresta Ombrófila Densa secundária em estágio inicial ou médio	890,49	1,56
Mosaico Floresta Ombrófila Densa secundária em vários estádios	18854,20	32,98
Mata de restinga	18,22	0,03
Mata de restinga paludosa	64,05	0,11
Vegetação rupestre	26,39	0,05
Banhados	734,17	1,28
Campo	139,87	0,24
Campo úmido	1577,20	2,76
Campo antrópico	1816,06	3,18
Agricultura - arroz	397,55	0,70
Agricultura - banana	1319,08	2,31
Agricultura - hortigranjeiro	1521,93	2,66
Agropecuária	8854,10	15,49
Mineração	13,49	0,02
Silvicultura	211,02	0,37
Silvicultura - Eucalipto	2,81	0,00
Silvicultura - <i>Pinus</i>	1,51	0,00
Solo exposto	4,69	0,01
Açudes, barragens e represas	36,28	0,06
Lagos e lagoas	591,05	1,03
Rios e arroios	227,86	0,40
Área urbana	145,99	0,26
TOTAL	57164,25	100

A área de entorno da Reserva Biológica da Serra Geral foi mapeada em escala 1:50.000. As imagens *SPOT-5* possibilitaram uma visão sinótica da paisagem, com detalhamento adequado para o estudo do entorno, permitindo distinguir 26 classes de uso e cobertura (Figura 4).

Nos topos de morros, em afloramentos de rocha ou em escarpas e paredões rochosos, destaca-se uma vegetação rupestre composta principalmente por cactáceas, samambaias e gramíneas, adaptada a condições extremas de temperatura, umidade e substrato.

Algumas das classes florestais, como por exemplo, a Floresta Ombrófila Mista só puderam ser visualizadas corretamente na imagem *QuickBird*, a interpretação desta classe na imagem *SPOT-5* não foi possível. A imagem *Quickbird* possibilitou separar em dois estágios de regeneração da floresta secundária, um inicial a médio e outro avançado. Na análise do entorno, a imagem *SPOT-5* não permitiu separar os diferentes estágios de sucessão secundária, sendo necessário criar outra classe mais genérica, denominada *Mosaico de floresta ombrófila densa secundária em vários estágios* (Figura 4).

Em relação às classes de uso da terra no entorno, foi possível diferenciar diversos tipos de usos, com apoio dos dados do sobrevôo e da reambulação de campo. A agropecuária e os campos antrópicos são os usos que predominam no entorno da RBSG, com 15,49% e 3,18%, respectivamente (Tabela 2). As culturas de arroz, banana e hortigranjeiros, somadas, ocupam 5,67% da área, e é possível observar a existência de pequenas áreas com cultivo de flores, abacaxi e pomares.

Durante a elaboração do plano de manejo, o mapa de uso e cobertura da terra da RBSG foi utilizado como base para a definição do zoneamento ambiental. O mapa de uso e cobertura da área de entorno, junto com o da hidrografia da região foi essencial na delimitação da zona de amortecimento e dos corredores ecológicos.

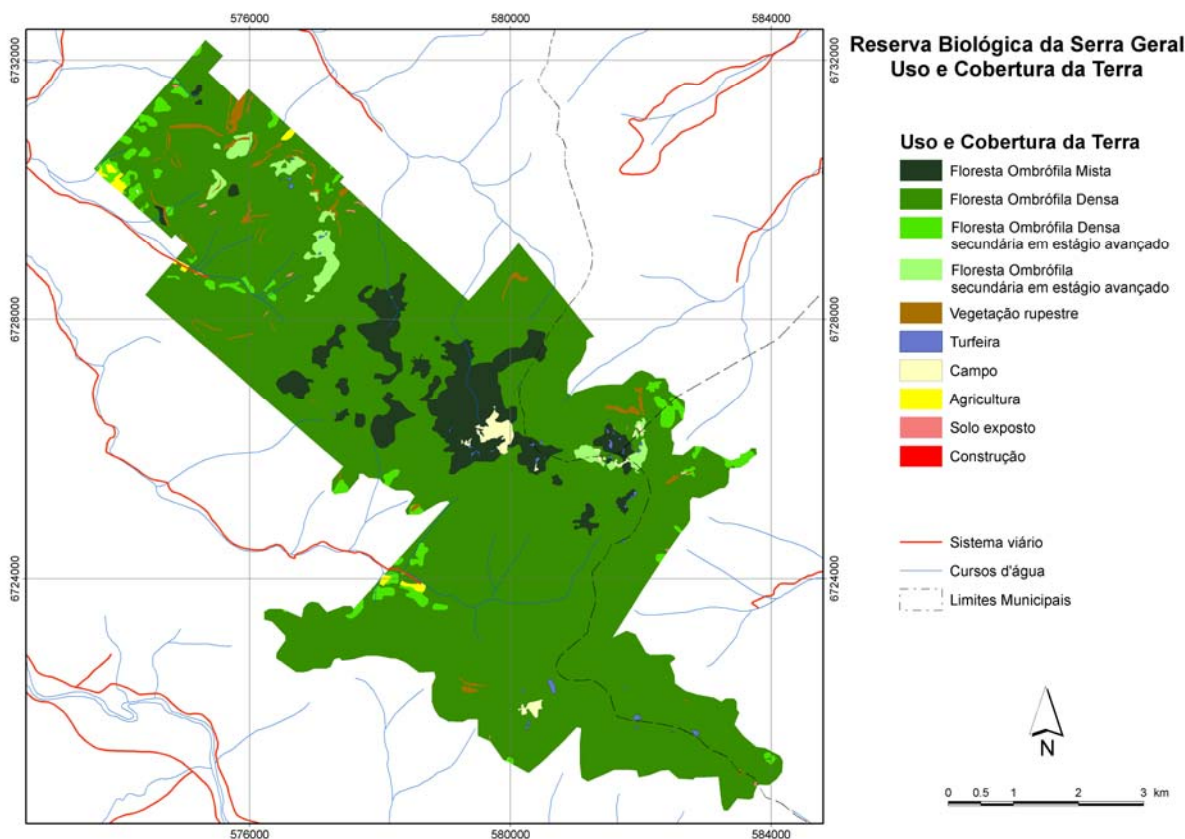


Figura 3 – Mapa de uso e cobertura da terra da área da Reserva Biológica da Serra Geral.

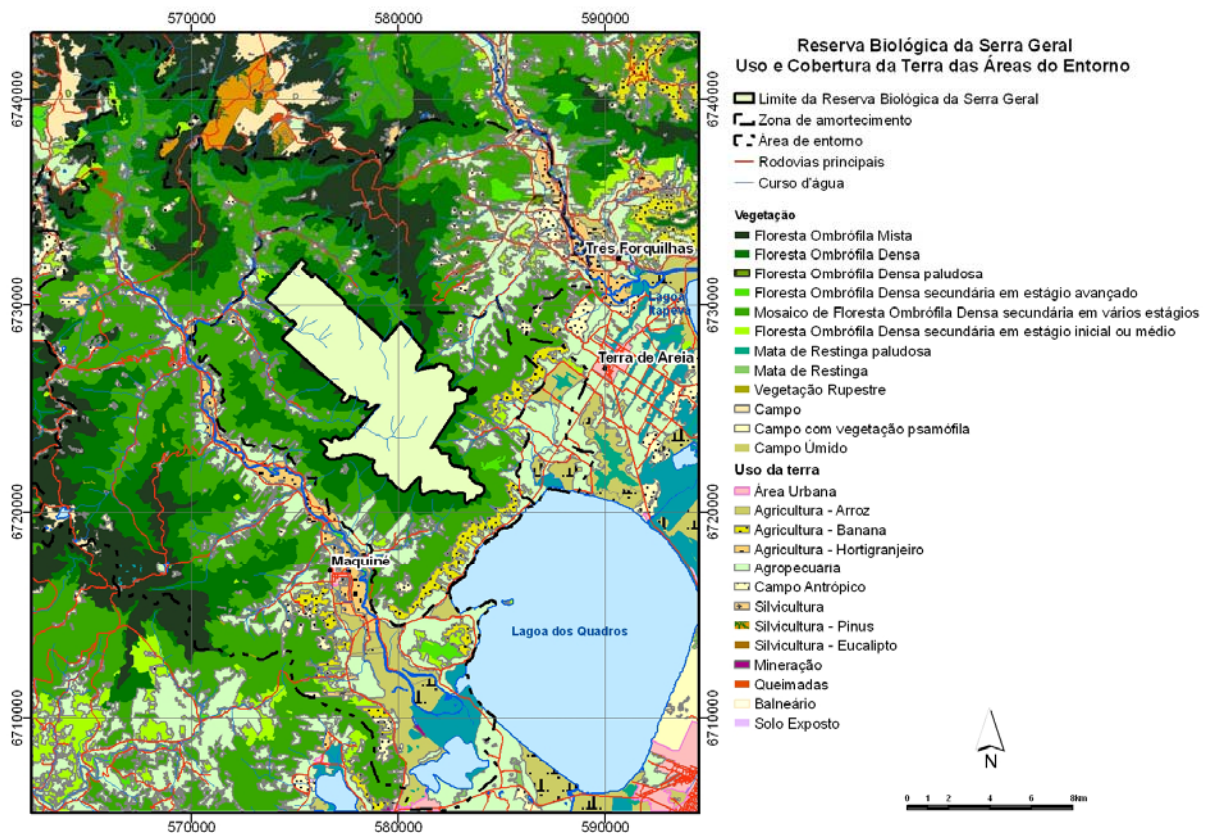


Figura 4 – Mapa de uso e cobertura da terra no entorno da Reserva Biológica da Serra Geral.

5. Conclusões

As imagens geradas pelos sensores dos satélites *QuickBird* e *SPOT-5* possuem elevada tecnologia em termos de sensoriamento remoto orbital, com inúmeras aplicações ambientais. Neste trabalho as imagens com alta resolução espacial apresentaram resultados satisfatórios para o mapeamento do uso e cobertura da terra da Reserva Biológica da Serra Geral. As imagens *Quickbird* permitiram mapear com detalhes os alvos naturais e antrópicos no terreno, fornecendo subsídios para elaboração do plano de manejo da referida Unidade de Conservação. As imagens *SPOT-5* com resolução de 5m possibilitaram uma visão sinótica da paisagem do entorno da Reserva e uma análise detalhada dos alvos e interpretação de diferentes usos. A interpretação visual das imagens foi a melhor opção para mapear a área, uma vez que testes com classificadores estatísticos não apresentam os resultados esperados. Observa-se que as imagens com alta resolução espacial contêm mais informações do que um classificador estatístico consegue discernir. Neste contexto, espera-se que novas pesquisas sejam desenvolvidas no sentido de aprimorar as técnicas de classificação digital de imagens, principalmente, para aplicações em imagens com alta resolução espacial.

A partir dos resultados gerais obtidos neste estudo, uma série de abordagens poderão vir a ser realizadas, tanto na RBSG quanto em seu entorno. Questões como a fragmentação dos diferentes elementos naturais da paisagem, sua forma, função e estrutura (Forman & Godron, 1986), o grau de conectividade entre os remanescentes florestais, etc., poderão ser avaliados e utilizados como parâmetros para um diagnóstico em nível de Ecologia da Paisagem, o qual poderá resultar em propostas de ações específicas para diferentes grupos de

organismos animais e vegetais, em função de suas respostas biológicas a este processo de fragmentação.

Este estudo, pelo seu grau de detalhamento, também poderá ser utilizado como um marco referencial para uma avaliação da evolução da paisagem em questão, em termos da análise das possíveis alterações na estrutura e função do “mosaico ecológico” ao longo do tempo, acarretando em alterações nas relações espaciais entre os distintos ecossistemas (distribuição de energia, materiais e espécies em relação aos tamanhos, formas, número, tipos e configurações) e nas interações entre os elementos espaciais (fluxos de energia, materiais e espécies entre os ecossistemas componentes). Esta análise temporal, certamente será de grande valor quando da revisão do plano de manejo, onde as diversas ações por ele implementadas deverão ser revistas em função da melhoria ou não da qualidade ambiental da UC e de seu entorno.

Referências

- Antônio, M. G.; Duarte, M. M. Áreas naturais protegidas: uma abordagem histórica e a visão de planejamento e gestão biorregional. **REDES**, v.9, n.2, p. 235-253, 2004.
- Blaschke, T.; Strobl, J. What's wrong with pixels? Some recent developments interfacing remote sensing and GIS. **Journal for Spatial Information and Decision Making**, n.6, p. 12-17, 2001.
- Davenport, L.; Rao, A história da proteção: paradoxos do passado e desafios do futuro. In: Terborgh J. et al. (orgs.) **Tornando os parques mais eficientes: estratégias para a preservação da natureza nos trópicos**. Curitiba: Ed. UFPR, 2002. p. 52-73.
- Duarte, M. M. ; Bencke, G. A. **Plano de Manejo da Reserva Biológica Estadual da Serra Geral**. Porto Alegre. Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 2006. 222 p.
- Forman, R.T.T. & Godron, M. **Landscape Ecology**. New York: John Wiley, 1986. 619p.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil**; Região Sul. Rio de Janeiro: 1990. 419 p.
- Jacobsen, K. Geometric potencial of Ikonos and QuickBird imagens. GIS – Geo-Information System. **Journal for Spatial Information and Decision Making**, v.9, p.33-39, 2003.
- Lillesand, T.M.; Kiefer, R.W. **Remote sensing and image interpretation**. 4. ed. New York: John Wiley, 2000. 721 p.
- Nale, D. QuickBird – Aerial photography comparison report. EMAP International. 2002, 39 p. Disponível em:<<http://www.digitalglobe.com>>. Acesso em: 6 jun. 2003.
- Neto, A.S.; Brites, R.S.; Soares, V.P.; Ribeiro, J.C. Subsídios para elaboração de um plano de manejo do Parque Grande Sertão Veredas por meio de Sistemas de Informações Geográficas. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 10., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2001. Artigos, p. 493-502. CD-ROM, On line. ISBN 85-17-00016-1.
- Pinheiro, E.S.; Kux, H.J.H. Imagens *QuickBird* aplicada ao mapeamento do uso e cobertura da terra do Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata. In: Blaschke, T.; Kux, H.J.H. **Sensoriamento Remoto e SIG avançados: Novos sensores métodos inovadores**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. p.263-286.
- Pinheiro, E.S.; Kux, H.J.H. Leis ambientais e imagens de alta resolução do satélites *QuickBird* aplicadas à análise de uma área da Mata Atlântica, RS. **Geografia**, v. 29. n.3, set.-dez., p. 431-451, 2004.
- Ramos, R.A.; Balbueno, R.A.; Irgang, G.V.; Oliveira, M.L.A.A. Mapeamento de cobertura do solo através da classificação da imagem Landsat- TM com o apoio de fotografias aéreas oblíquas de pequeno formato - Um caso na bacia hidrográfica do rio Gravataí, RS, Brasil. In: XX Congresso Brasileiro de Cartografia, 2001, **Anais...** Porto Alegre. CD-ROM.
- Silveira, V.F. Geoprocessamento como instrumento de gestão ambiental. In: Philippi Jr., A.; Romério, M.A.; Bruna, G.C. **Curso de Gestão Ambiental**. São Paulo: USP, 2004. p. 945-968.
- Tao, C.V.; Hu, Y. A comprehensive study of the rational function model for photogrammetric processing. **Photogrammetric engineering and remote sensing**, v.67, n.12. p. 1347-1357, 2001.