

MAPEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DA UNIDADE DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DA MANTIQUEIRA, SÃO PAULO¹

LAND USE AND OCCUPATION MAPPING OF THE MANTIQUEIRA'S WATER RESOURCE MANAGEMENT UNITY IN SÃO PAULO

Mônica PAVÃO^{2,3}; Ciro Koiti MATSUKUMA²; Marina Mitsue KANASHIRO²;
Maria Shizue Shin-Ike YWANE²; Marco Aurélio NALON²

RESUMO – O presente trabalho apresenta o mapeamento e a quantificação do uso e ocupação da terra da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI da Mantiqueira, resultado da interpretação de ortofotos digitais (ano 2003) estruturadas em ambiente de Sistema de Informações Geográficas – SIG. Dentre os resultados, pode-se destacar que nos municípios de Campos do Jordão, São Bento do Sapucaí e Santo Antônio do Pinhal, quanto ao uso e ocupação da terra predominam as categorias de vegetação secundária, em diferentes estágios: avançado 5.875,9 ha (8,70%); médio 25.387,7 ha (37,58%) e inicial 1.164,9 ha (1,72%), sendo que as maiores concentrações de vegetação secundária, em seus diferentes estágios de desenvolvimento, se localizam no município de Campos do Jordão.

Palavras-chave: mapeamento; uso e ocupação da terra; ortofotos digitais.

ABSTRACT – This paper concerns about the mapping and quantification of land use and occupation of the Mantiqueira's water resource management unity, as a result of the interpretation of digital orthophotos (year 2003), which are structured in Campos do Jordão, São Bento do Sapucaí and Santo Antônio do Pinhal, by means of land use and occupation, the secondary vegetation categories prevail in different levels: advanced 5,875.9 ha (8.70%); intermediate 25,387.7 ha (37.58%) and initial 1.164,9 ha (1.72%), considering that the greatest concentration of secondary vegetation in different levels of development are situated in Campos do Jordão.

Keywords: mapping; land use and occupation; digital orthophotos.

1 INTRODUÇÃO

As primeiras classificações de uso da terra baseavam-se em trabalhos de campo. A partir da década de 50, do século XX, um grande número de pesquisadores tem-se dedicado à identificação detalhada de culturas agrícolas em fotografias aéreas (Steiner, 1970).

Segundo Borges et al. (1993), na década de 1970, as imagens orbitais surgiram como importante instrumento no mapeamento de uso e ocupação da terra.

Nos últimos dez anos, as ortofotos digitais ganharam grande popularidade, devido à qualidade e precisão da informação apresentada. Entretanto, em razão de seu alto custo, geralmente são produtos utilizados em projetos que envolvem grandes instituições.

O mapeamento de uso e ocupação da terra, segundo Santos (2004), é de fundamental importância, pois se trata de um tema básico para planejamento ambiental, para retratar as atividades humanas que podem significar pressão e impacto sobre os elementos naturais, configurando-se um elo importante entre as informações dos meios biofísico e socioeconômico.

O presente trabalho apresenta o mapeamento e quantificação do uso e ocupação da terra da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI da Mantiqueira, resultado da interpretação de ortofotos digitais estruturados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas – SIG.

¹Recebido para análise em 17.06.09. Aceito para publicação em 20.07.10. Disponibilizado *online* em 03.06.11.

²Instituto Florestal, Rua do Horto, 931, 02377-000 São Paulo, SP, Brasil.

³Autor para correspondência: Mônica Pavão – monicapavao@yahoo.com.br

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A UGRHI da Mantiqueira, localizada a leste do Estado de São Paulo, entre as coordenadas 22°26'45" e 22°53'50" de latitude Sul e 45°22'51" e 45°47'30" de longitude Oeste, é composta pelos municípios de Campos do Jordão, São Bento do Sapucaí e Santo Antônio do Pinhal (Figura 1). Está situada em região montanhosa, com altitudes que variam entre 800 a 2.000 m, totalizando uma área aproximada de 67.560 ha e população de 61.000 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2009).

A Mata Atlântica é um complexo vegetal contendo uma formação florestal de altitude, ocupa as cadeias montanhosas que se estendem ao longo do litoral sul e sudeste brasileiro (Rizzini, 1979). Sua área central de concentração situa-se nas serras do Mar e da Mantiqueira, Estado de São Paulo. A UGRHI da Mantiqueira é uma área de transição entre a Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Ombrófila Mista, com a presença de campos de altitude.

O clima, segundo Köppen, é subtropical de altitude, mesotérmico úmido sem estiagem, com temperatura média anual mínima de 14,3 °C e máxima de 15,3 °C.

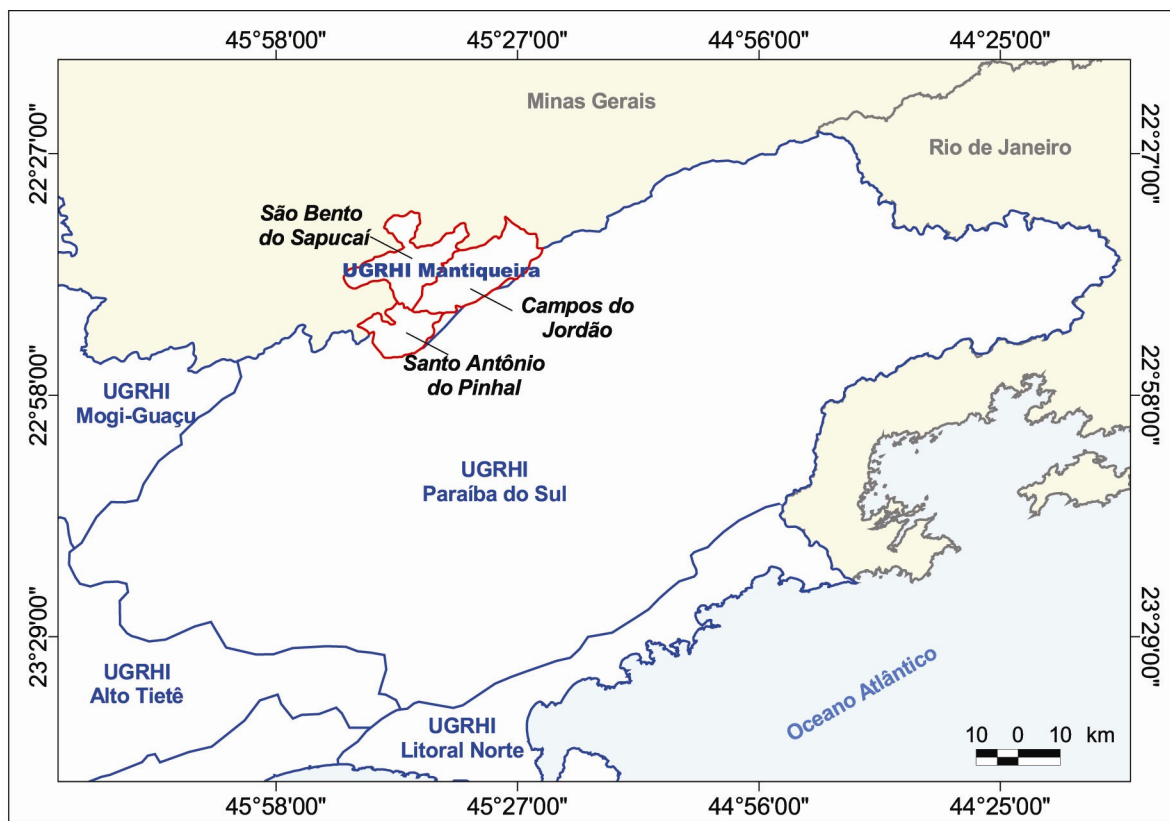


Figura 1. Localização da área de estudo.

Figure 1. Study area location.

A UGRHI da Mantiqueira caracteriza-se por um desenvolvimento tipicamente rural, sendo muito explorada pela atividade turística, devido à beleza cênica do relevo serrano e ao clima característico de regiões montanhosas.

As atividades econômicas e usos desenvolvidos nessa UGRHI estão sujeitos a um disciplinamento específico, pois abriga as Áreas de Proteção Ambiental – APAs estaduais de Campos do Jordão⁴ e Sapucaí-Mirim⁵, e federal da Serra da Mantiqueira⁶. Além disso, a UGRHI da Mantiqueira abriga o Parque Estadual de Campos do Jordão e o Parque Estadual dos Mananciais de Campos do Jordão. Essas APAs pertencem ao Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, regulado pela Lei n° 9.985 de 18 de julho de 2000 (Brasil, 2000), e, portanto, o processo de ocupação deve assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais, conciliando o uso da terra e o desenvolvimento regional com a manutenção dos processos ecológicos essenciais, protegendo a diversidade biológica.

Brasil (2004), utilizando imagens do satélite Landsat 7, sensor ETM+, com resolução espacial de 30 m, mapeou a cobertura vegetal e o uso do solo do bioma Mata Atlântica para o mesmo período do mapeamento apresentado neste trabalho. Segundo esse mapeamento, na UGRHI da Mantiqueira predominam a Floresta Ombrófila Densa com 63,1%, seguido de áreas com pecuária (pastagem) 23,8%. Possui, ainda, 6,1% de áreas com reflorestamento, 5,3% de uso agrícola, 1,6% de áreas com influência urbana, e uma pequena área com vegetação secundária inicial e corpos d'água.

Kronka et al. (2005) mapearam para a UGRHI da Mantiqueira, também utilizando imagens de Satélite Landsat 5, do ano de 1997, áreas cobertas por florestas que representam aproximadamente 19% da UGRHI, vegetação secundária correspondendo a 15% e também áreas de reflorestamento, com 10%.

2.2 Material e Procedimentos Metodológicos

Como material básico para a interpretação, foram utilizadas ortofotos digitais obtidas a partir de voo específico efetuado em abril de 2003 pela Base Aerofotogrametria e Projetos S.A, na escala de 1:25.000. As ortofotos foram geradas na escala 1:10.000, pela empresa Aerocarta S.A. – Engenharia de Aerolevantamentos.

O princípio básico de produção de ortofotos digitais consiste no processo de transformação da projeção central na imagem (fotografia aérea rasterizada) em projeção ortogonal ao plano, mediante meios e métodos essencialmente digitais (Porfírio e Boggione, 2005). Desta forma, as feições nela contidas são apresentadas em suas verdadeiras posições. Portanto, são geometricamente equivalentes a um mapa de linhas e de símbolos, no qual podem ser realizadas, diretamente, medidas de posição, distâncias, ângulos horizontais e áreas.

Um fator importante a ser considerado para preservar a resolução da imagem, é a relação entre a escala de voo e a escala da ortofoto a ser elaborada. A ampliação é de 3 a 4 vezes a escala de voo. A precisão relativa na ortofoto digital é diretamente relacionada com a escala da foto. Por exemplo, a precisão relativa para uma foto na escala 1:10.000 é de 50 cm (Porfírio e Boggione, 2005). A alta resolução espacial das ortofotos possibilita excelente visualização para fotointerpretação, contribuindo para a qualidade do mapeamento.

A Figura 2 apresenta uma ortofoto digital do município de São Bento do Sapucaí. Observa-se que a qualidade da resolução espacial se mantém, mesmo com a ampliação da escala de 1:25.000 para 1:2.500.

⁴Criada pelo Decreto Estadual n° 20.956, de 1983 e Lei Estadual n°4.105, de 26 de junho de 1984.

⁵Criada pelo Decreto Estadual n° 43.285, de 3 de julho de 1998.

⁶Criada pelo Decreto Federal n° 91.304, em 3 de junho de 1985.

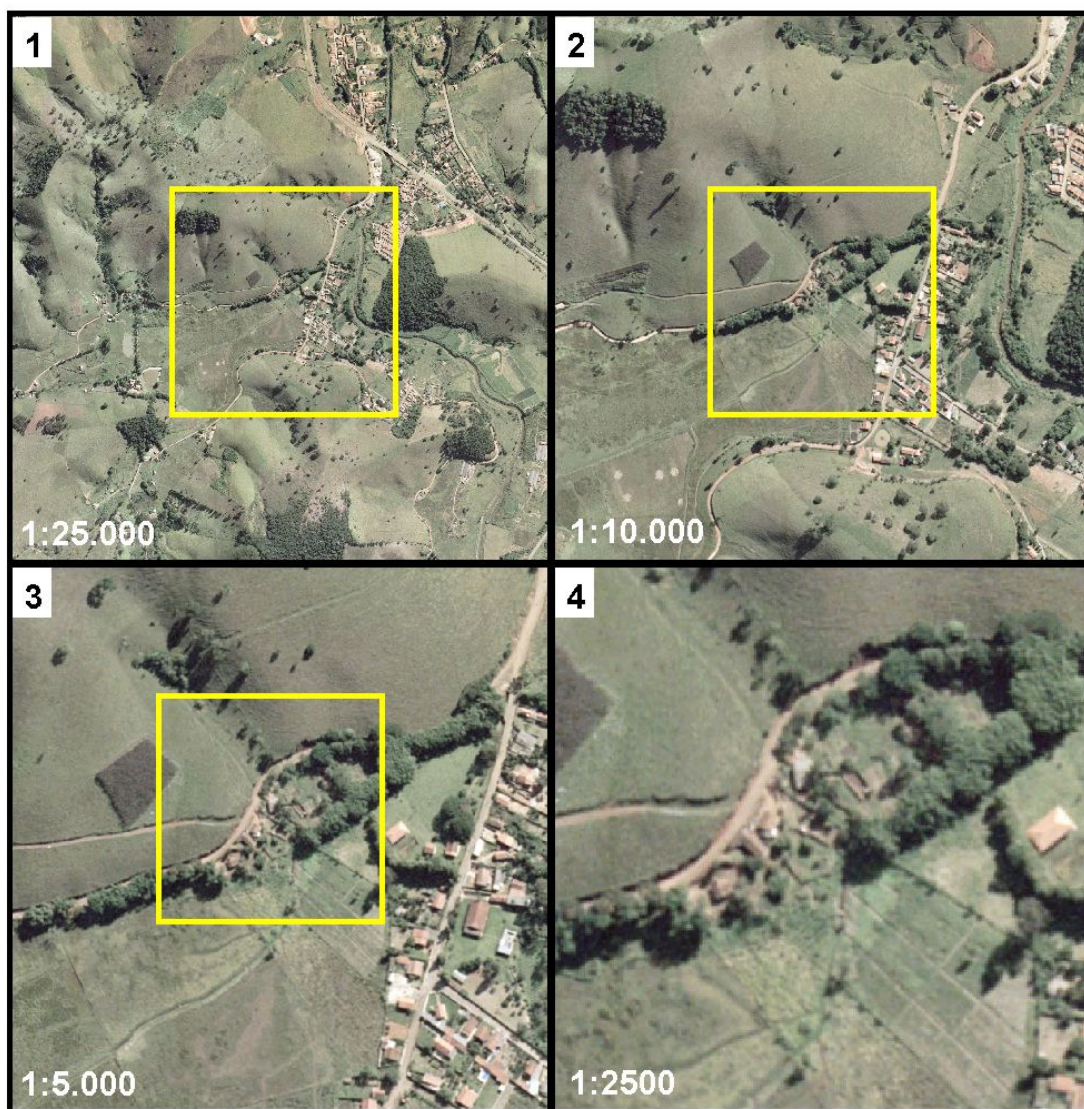




Figura 2. Visualização de ortofoto em diferentes escalas: 1:25.000, 1:10.000, 1:5.000 e 1:2.500.



Figure 2. Orthophoto view under different scales: 1:25,000, 1:10,000, 1:5,000 and 1:2,500.



A fotointerpretação, o mapeamento e a posterior quantificação abrangeram as seguintes categorias de uso e ocupação da terra: vegetação natural (vegetação secundária e de várzea, araucária e campo natural), uso agrícola (reflorestamento, pastagem e uso agrícola em geral) e outros usos e ocupações (área urbana, solo exposto, afloramento rochoso e corpo d'água).

A interpretação e edição do material digital foram realizadas utilizando-se o Sistema de Informações Geográficas ArcGis 9.1, com a geração de uma base cartográfica contínua originada a partir das ortofotos.



Na análise visual das ortofotos foram definidos os padrões de cor, textura e aspectos associados, apresentados a seguir na chave de classificação.



Categoria:	Vegetação Secundária – estágio avançado
Descrição:	Cobertura vegetal natural de porte arbóreo alto
Textura:	Rugosa e grosseira
Cor:	Verde médio
Outras inf.:	Ausência de carreadores e limites irregulares
Ortofoto	
	Fotografia (1) 



Categoria:	Vegetação Secundária – estágio médio
Descrição:	Cobertura vegetal natural de porte arbóreo médio a alto
Textura:	Rugosa
Cor:	Verde claro
Outras inf.:	Ausência de carreadores e limites irregulares
Ortofoto	
	Fotografia (2) 



Categoria	Vegetação Secundária – estágio inicial
Descrição	Cobertura vegetal natural de porte herbáceo
Textura	Fina
Cor	Verde e marrom claro
Outras inf.:	Ausência de carreadores e limites irregulares
	Ortofoto
	
	Fotografia (3)
	



Categoria:	Vegetação de Várzea
Descrição:	Área com predomínio de vegetação herbácea sob influência fluvial
Textura:	Fina
Cor:	Verde musgo
Outras inf.:	Ausência de carreadores, limites irregulares, localização em área de várzea
	Ortofoto
	
	Fotografia (4)
	



Categoria:	Araucária
Descrição:	Áreas com vegetação natural e presença de araucárias
Textura:	Aveludada
Cor:	Verde escuro
	Ortofoto
	
	Fotografia (5)
	

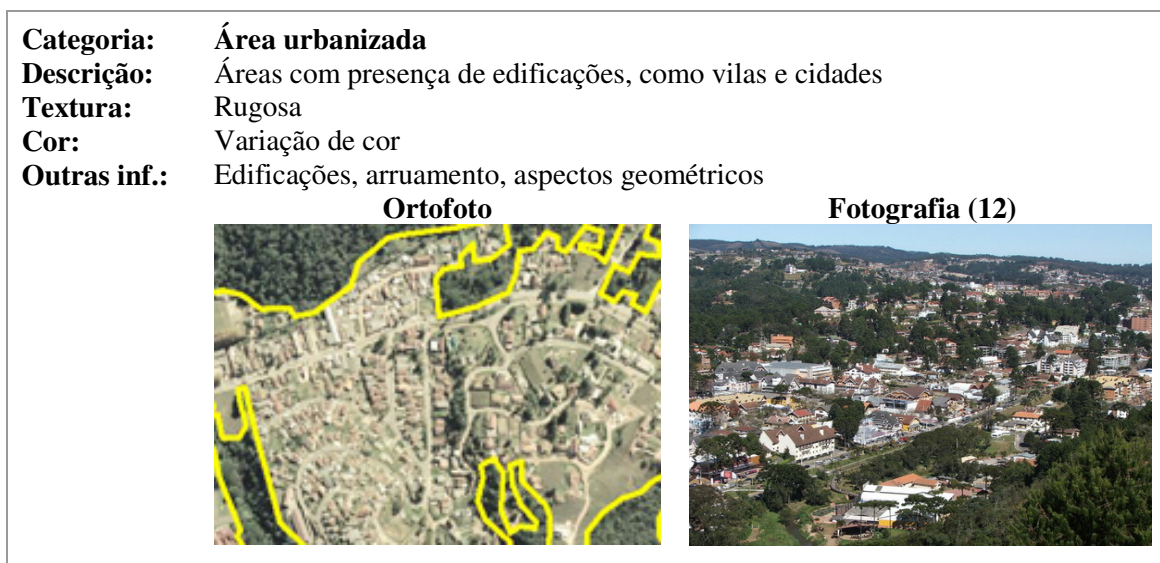
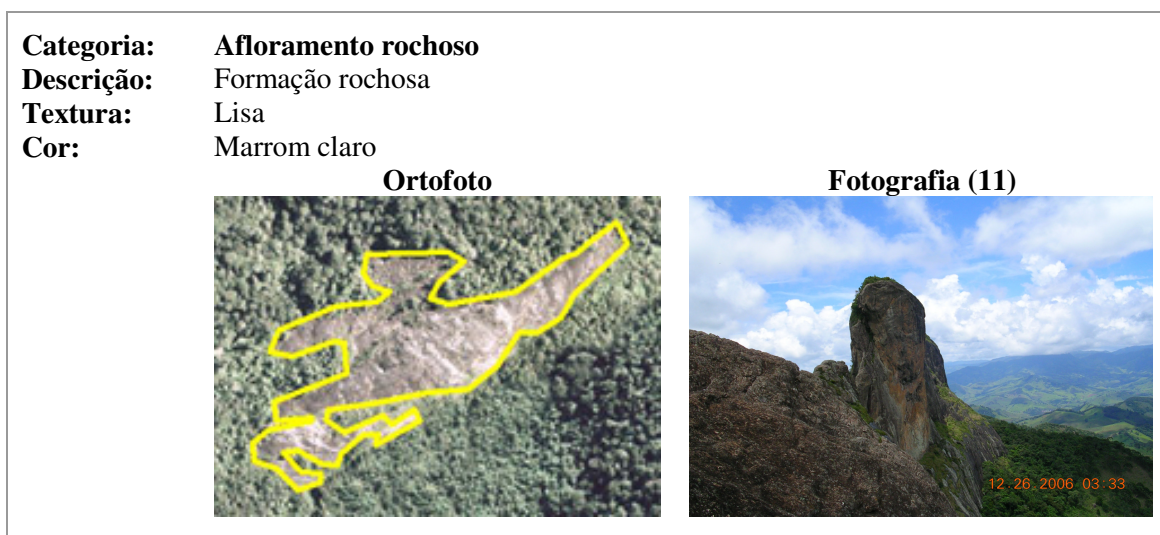
Categoria:	Campo Natural sem perturbação antrópica
Descrição:	Área com vegetação natural, constituída predominantemente por gramíneas e arbustos
Textura:	Fina
Cor:	Verde acinzentado
Outras inf.:	Ausência de carregadores, limites irregulares e presença de árvores isoladas
	Ortofoto
	
	Fotografia (6)
	

Categoria:	Campo Natural com perturbação antrópica
Descrição:	Área com vegetação natural, constituída predominantemente por gramíneas e arbustos, tornando-se possível a identificação de indícios da ação do homem
Textura:	Fina
Cor:	Verde acinzentado
Outras inf.:	Ausência de carregadores, limites irregulares, presença de árvores isoladas, caminhos e cercas
	Ortofoto
	
	Fotografia (7)
	

Categoria:	Reflorestamento
Descrição:	Áreas reflorestadas com <i>Pinus</i> ou <i>Eucalyptus</i>
Textura:	Fina
Cor:	Verde escuro
Outras inf.:	Presença de carregadores, limites regulares, semelhante a um “tapete”, sendo perceptível a orientação do reflorestamento
	Ortofoto
	
	Fotografia (8)
	

Categoria:	Uso agrícola	
Descrição:	Áreas com cultura anual ou perene	
Textura:	Lisa, fina	
Cor:	“Colcha de retalhos” – variação de cores	
Outras inf.:	Limites regulares	
	Ortofoto	Fotografia (9)
		

Categoria:	Pastagem	
Descrição:	Áreas com predomínio de vegetação herbácea utilizada para pecuária	
Textura:	Lisa, fina	
Cor:	Verde claro	
Outras inf.:	Presença de árvores isoladas	
	Ortofoto	Fotografia (10)
		




Categoria: Solo Exposto
Descrição: Áreas que apresentam solo exposto, preparado ou não para plantio identificado
Textura: Lisa
Cor: Branca

Ortofoto




Categoria: Corpo d'água
Descrição: Constituem os reservatórios de água (naturais ou artificiais), como: represas, lagoas, açudes, etc.
Textura: Lisa
Cor: Marrom

Ortofoto



Fotografia (14)



Créditos: fotografias 1, 2, 3, 5, 9, 11 e 14 – Marina Mitsue Kanashiro; fotografias 4, 8 e 10 – Ciro Koiti Matsukuma; fotografias 6 e 7 – Massako Nakaoka Sakita; fotografia 12 –Diogo Figueiredo.

Para a aferição da fotointerpretação e mapeamento foram efetuadas vistorias de campo.

Os mapas foram gerados através das imagens georreferenciadas sob o sistema de projeção de coordenadas Universal Transversa de Mercator – UTM, com base no Datum Horizontal SAD 69 e no Datum Vertical Imbituba–SC,

conforme o padrão estabelecido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3 é apresentada a distribuição espacial das diferentes categorias de uso e ocupação da terra da UGRHI da Mantiqueira.

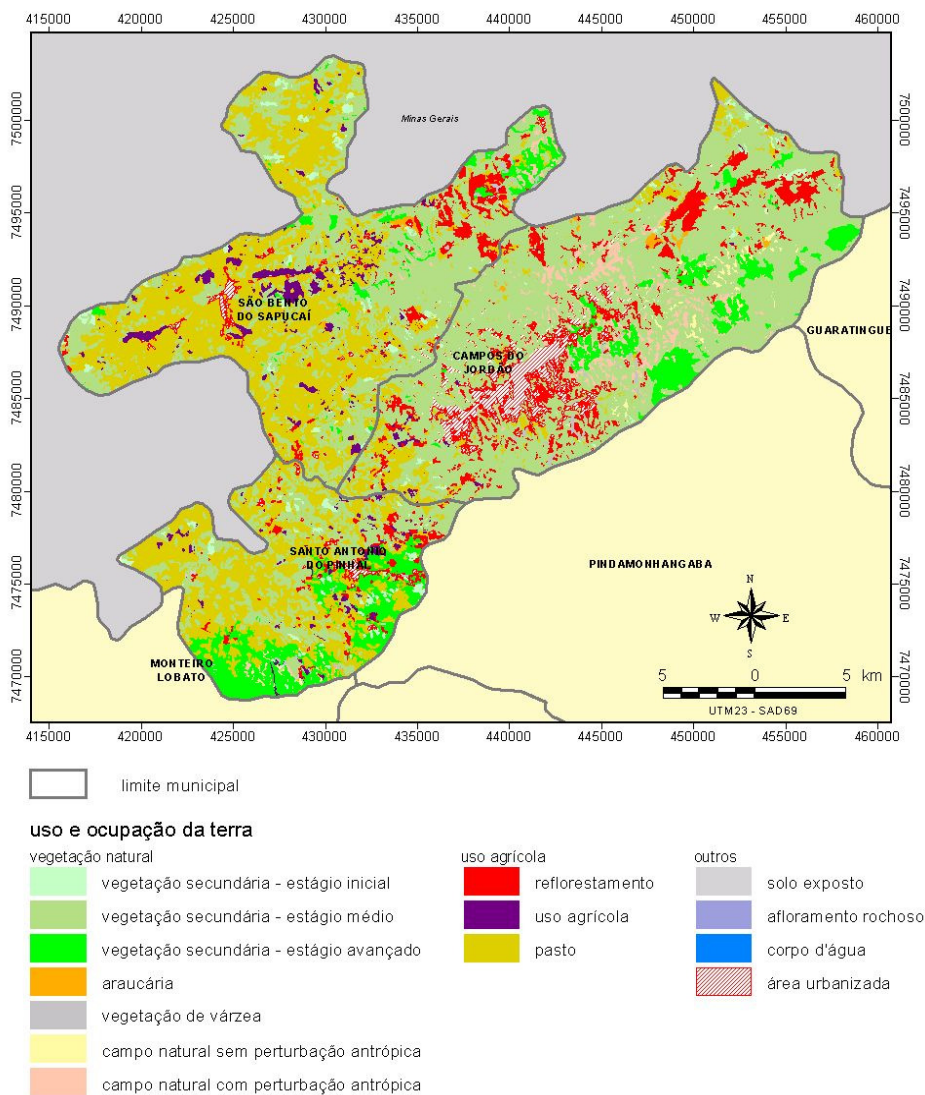


Figura 3. Distribuição espacial do uso e ocupação da terra da UGRHI da Mantiqueira.

Figure 3. Spatial distribution of land use and occupation of UGRHI Mantiqueira.

Os resultados dos levantamentos referentes ao uso e ocupação da terra da UGRHI da Mantiqueira são apresentados na Tabela 1.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados dos levantamentos do uso e ocupação da terra para cada um dos municípios integrantes da UGRHI da Mantiqueira.

Tabela 1. Quantificação do uso e ocupação da terra da UGRHI da Mantiqueira.

Table 1. Quantification of land use and occupation of UGRHI da Mantiqueira.

Uso e Ocupação da Terra	Área (ha)	Área (%)
Araucária	469,20	0,69
Campo natural com perturbação antrópica	2.488,60	3,68
Campo natural sem perturbação antrópica	738,30	1,09
Vegetação de várzea	158,10	0,23
Vegetação secundária – estágio avançado	5.875,90	8,70
Vegetação secundária – estágio inicial	1.164,90	1,72
Vegetação secundária – estágio médio	25.387,70	37,58
Pastagem	21.994,10	32,55
Reflorestamento	4.482,80	6,64
Uso agrícola	1.706,30	2,53
Afloramento rochoso	28,90	0,04
Área urbanizada	3.029,00	4,48
Corpo d'água	24,30	0,04
Solo exposto	12,10	0,02
Total	67.560,20	

Tabela 2. Quantificação das categorias de uso e ocupação da terra para os municípios de Santo Antônio do Pinhal, Campos do Jordão e São Bento do Sapucaí.

Table 2. Quantification of the categories of use and occupancy of land for the municipalities of Santo Antônio do Pinhal, Campos do Jordão and São Bento do Sapucaí.

Uso e Ocupação da Terra	Santo Antônio do Pinhal		Campos do Jordão		São Bento do Sapucaí	
	área (ha)	(%)	área (ha)	(%)	área (ha)	(%)
Araucária	42,4	0,31	205,2	0,71	221,6	0,88
Campo natural com perturbação antrópica	87,8	0,64	2.142,8	7,44	257,9	1,03
Campo natural sem perturbação antrópica	181,2	1,32	549,9	1,91	7,2	0,03
Vegetação de várzea	11,9	0,09	85,0	0,30	61,1	0,24
Vegetação secundária – estágio avançado	3.042,1	22,21	1.861,4	6,47	972,4	3,88
Vegetação secundária – estágio inicial	281,4	2,05	361,6	1,26	522,0	2,08
Vegetação secundária – estágio médio	2.524,4	18,43	15.613,9	54,23	7.249,4	28,92
Pastagem	6.465,0	47,19	2.539,5	8,82	12.989,6	51,81
Reflorestamento	492,4	3,59	2.787,9	9,68	1.202,5	4,80
Uso agrícola	358,0	2,61	128,3	0,45	1.219,9	4,87
Afloramento rochoso	0,9	0,01	3,3	0,01	24,7	0,10
Área urbanizada	203,1	1,48	2.496,7	8,67	329,2	1,31
Corpo d'água	3,8	0,03	14,7	0,05	5,8	0,02
Solo exposto	4,9	0,04	0,0	0,00	7,2	0,03
Total	13.699,3		28.790,4		25.070,5	

A análise dos resultados obtidos de acordo com os procedimentos metodológicos, adotados, permitiu as seguintes inferências:

1. a resolução espacial das ortofotos constituiu-se em excelente fator para a fotointerpretação e mapeamento;
2. dentro dos limites da UGRHI da Mantiqueira e abrangendo os municípios que a integram, Campos do Jordão, São Bento do Sapucaí e Santo Antônio do Pinhal, quanto ao uso e ocupação da terra predominam as categorias de vegetação secundária, em diferentes estágios: avançado 5.875,9 ha (8,70%); médio 25.387,7 ha (37,58%) e inicial 1.164,9 ha (1,72%), o que totaliza 32.428,5 ha ou 48% da área de estudo, sendo que as maiores concentrações se localizam no município de Campos do Jordão;
3. as pastagens também abrangem uma área expressiva de 21.994,1 ha representando 32,55% de toda a UGRHI. Cabe observar, que no município de São Bento do Sapucaí, 51,81% é ocupado por pastagens, superando a área de vegetação secundária.
4. a maior parte dos campos naturais apresentam-se com perturbações antrópicas, 2.488,6 ha, correspondendo a 3,68% da UGRHI da Mantiqueira. Os campos naturais sem perturbação antrópica abrangem 738,3 ha, representando apenas 1,09%. As maiores áreas dessa categoria se localizam no município de Campos do Jordão;
5. as áreas com araucária totalizam 469,2 ha, representando 0,69% do total da UGRHI;
6. as maiores áreas de campo natural, com e sem perturbação antrópica, localizam-se no município de Campos do Jordão, abrangendo 2.142,8 ha e 549,9 ha, respectivamente.
7. as maiores concentrações de vegetação secundária, em seus diferentes estágios de regeneração localizam-se no município de Campos do Jordão;
8. as áreas de reflorestamento totalizam 4.482,80 ha representando 6,64% da área total. Os reflorestamentos são compostos principalmente por *Pinus* e *Eucalyptus*. As áreas mais representativas dessa categoria de uso se encontram respectivamente nos municípios de Campos do Jordão com 2.787,9 ha, São Bento do Sapucaí com 1.202,5 ha e Santo Antônio do Pinhal com 492,4 ha.
9. As maiores extensões de uso agrícola encontram-se no município de São Bento do Sapucaí com área de 1.219,9 ha. Nos municípios de Santo Antônio do Pinhal e Campos do Jordão as áreas de uso agrícola são menores, com 358 ha e 128,3 ha, respectivamente.
10. o município de Campos do Jordão possui a maior área urbanizada da UGRHI com 2.496,7 ha. São Bento do Sapucaí e Santo Antônio do Pinhal possuem áreas urbanas restritas com 329,2 ha e 203,1 ha, respectivamente.
11. em relação aos mapeamentos já realizados por Brasil (2004) e Kronka et al. (2005), podemos enfatizar o detalhamento proporcionado pela alta resolução espacial das ortofotos digitais em relação às imagens de satélite. No presente trabalho foi possível mapear, por exemplo, o afloramento rochoso representado pela Pedra do Baú, no município de São Bento do Sapucaí, enquanto nos trabalhos anteriormente destacados o mesmo afloramento foi agrupado na classe de reflorestamento ou pastagem. Da mesma forma, foi possível detalhar o mapeamento das áreas de vegetação secundária, dividindo-as em três estágios de regeneração (inicial, médio e avançado). No mapeamento realizado por Brasil (2004), essas mesmas áreas foram classificadas apenas como florestas, pois o material utilizado não permitia maiores detalhamentos.

5 CONCLUSÕES

O mapeamento do uso da terra da UGRHI da Mantiqueira apresenta informações de importância relevante para o planejamento ambiental, conservação de recursos hídricos e desenvolvimento de pesquisas científicas.

Os municípios que compõem a UGRHI da Mantiqueira localizam-se em áreas de relevo de morros, relevo montanhoso e relevo escarpado com declividades médias a altas, entre 15% e superiores a 30%. Portanto, a implantação de atividades humanas deve obedecer aos critérios técnicos presentes na legislação ambiental vigente como também nos instrumentos legais municipais, tais como os Planos Diretores Municipais. Do contrário, as atividades humanas contribuirão para intensificar os processos erosivos naturais podendo causar prejuízos materiais e perdas de vidas humanas, como nos episódios de deslizamentos ocorridos no município de Campos do Jordão.

Nesse sentido, o mapeamento de uso e ocupação da terra pode ser utilizado como uma ferramenta auxiliar no planejamento ambiental na medida em que contribui para a identificação de atividades impactantes no meio ambiente, contribuindo assim para a mitigação e resolução de problemas originados por tais atividades.

6 AGRADECIMENTOS

Aos Pesquisadores Científicos do Instituto Florestal, Waldir Joel de Andrade pela participação no trabalho de campo e Massako Nakaoka Sakita, pelas fotos cedidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORGES, M.H.; PFEIFER, R.M.; DEMATTÊ, J.A.M. Evolução e mapeamento do uso da terra, através de imagens aerofotogramétricas e orbitais em Santa Bárbara D'Oeste (SP). *Sci. Agric.*, v. 50 n. 3, p. 365-371, 1993.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, e dá outras providências. *LEX – Coletânea de Legislação e Jurisprudência*, São Paulo, v. 64, n. 7, p. 3692, 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Mapas de cobertura vegetal dos biomas brasileiros**. Brasil, 2004. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.htm>>. Acesso em: 14 out. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Mapeamento topográfico**. Rio de Janeiro, 2009. Escala 1:50.000.

KRONKA, F.J.N. et al. **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo**. São Paulo: Imprensa Oficial, 2005. v. 1, 200 p.

PORFÍRIO, G.C.; BOGGIONE, G. DE A. Avaliação de métodos de classificação em ortofotocartas digitais para identificação do uso e ocupação do solo. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 12., 2005, Goiânia. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 1993. p. 4259-4264. CD-Rom.

RIZZINI, C.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos sociológicos e florísticos**. São Paulo: HUCITEC: EDUSP, 1979. v. 2.

SANTOS, R.F. dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

STEINER, D. Time dimension for crop surveys from space. *Photogrammetric Engineering*, v. 36, n. 2, p. 187-194, 1970.