

**DIAGNÓSTICO DO USO DO SOLO EM APP NA MICROBACIA DO
CÓRREGO SANTO ANTONIO - SÃO MANUEL (SP) EM FUNÇÃO DA
LEGISLAÇÃO AMBIENTAL**

**DIAGNOSIS OF THE SOIL USE IN APP OF THE STREAM SANTO
ANTONIO WATERSHED - SÃO MANUEL (SP) IN FUNCTION OF THE
ENVIRONMENTAL LEGISLATION**

Sérgio Campos

Universidade Estadual Paulistas – Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA
Botucatu, SP - Brasil
seca@fca.unesp.br

Gabriel Rondina Pupo da Silveira

Universidade Estadual Paulistas – Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA
Botucatu, SP - Brasil
grpdsilveira@fca.unesp.br

Teresa Cristina Tarlé Pissarra

Universidade Estadual Paulistas – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV
Jaboticabal, SP - Brasil
teresap@fcav.unesp.br

Andrea Cardador Felipe

Universidade Estadual Paulistas – Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA
Botucatu, SP - Brasil
andrea_cardadorfelipe@yahoo.com.br

Yara Manfrin Garcia

Universidade Estadual Paulistas – Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA
Botucatu, SP - Brasil
yaramanfrin@fca.unesp.br

Mariana de Campos

Universidade Estadual Paulistas – Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA
Botucatu, SP - Brasil
mari.bio@bol.com.br

RESUMO

O presente trabalho visou à utilização de geotecnologias no mapeamento de uso da terra em áreas de APP's, permitindo as suas delimitações e diagnóstico de possíveis intervenções antrópicas, contribuindo para futuras fiscalizações ambientais. A microbacia com 4286,15ha, situa-se entre as coordenadas geográficas 22° 31' 52" a 22° 38' 20" de latitude S e 48° 33' 40" a 48° 38' 47" de longitude WGr. As bases cartográficas utilizadas foi a carta planialtimétrica para o georreferenciamento da imagem de satélite de 2011. O SIG-IDRISI Selva foi utilizado na classificação supervisionada e a determinação das áreas do mapa temático. O uso da terra mostrou que a cultura da cana-de-açúcar ocupa a maior parte da área (81,00%), mostrando com isso a predominância da ocupação agrícola na região. A imagem de satélite e a utilização do SIG mostraram-se importantes ferramentas, fornecendo resultados confiáveis num

pequeno intervalo de tempo. Os dados obtidos auxiliarão nos futuros planejamentos de recuperação da área, visto que possibilitaram a verificação de que a área não vem sendo ambientalmente preservada, pelo fato de apresentar apenas 12,54% de matas, sendo que o mínimo exigido pela legislação do Código Florestal Brasileiro vigente é de 20%.

Palavras-chave: legislação ambiental, sistema de informação geográfica, preservação ambiental.

ABSTRACT

The present work sought to the geotechnology use in the mapping of soil use in areas of PPA's, allowing their delimitations and diagnosis of possible humane interventions. The watershed with 4286,15ha, locates among the geographical coordinates 22° 31' 52" to 22° 38' 20" of latitude S and 48° 33' 40" to 48° 38' 47" of longitude WGr. The used cartographic bases were the planialtimetric chart for the georeferencing of the satellite image of 2011. GIS-IDRISI Selva was used in the supervised classification and the determination of the areas of the thematic map. The soil use showed that the culture of the sugar-cane occupies most of the area (81%), showing with that the predominance of the agricultural occupation in the area. The image and the use of GIS important tools were shown, supplying reliable results in a small interval of time. The obtained data will aid in the futures plannings of recovery of the area, because they made possible the verification that the area is not being preserved environmentally, link fact of presenting only 12,54% of forests, and the minimum demanded by the legislation of the Brazilian Forest Code effective is of 20%.

Key-words: environmental legislation, geographical information system, environmental preservation.

INTRODUÇÃO

Nas últimas duas décadas tem aumentado a preocupação mundial a respeito do rápido crescimento da taxa de desmatamento das florestas tropicais e de seu impacto na biodiversidade do Planeta. Por este motivo, foram criadas em lei as áreas de preservação permanente (APP's) com o intuito de evitar a degradação do ecossistema, promover a conservação do ambiente natural e a manutenção da qualidade de vida.

Tais áreas, em diversos casos, como em relação à declividade, topos de morros, margens dos recursos hídricos e nascentes dos mananciais, não têm sido devidamente respeitadas, devido ao uso inadequado dos recursos naturais. Os recursos naturais, solos férteis e as florestas nativas remanescentes foram intensamente reduzidos na maioria das APP's, em muitos casos, pelo desconhecimento da população e por sua incorreta interpretação do Código Florestal.

As áreas de preservação permanente foram criadas para proteger o meio ambiente na sua forma natural, através da delimitação das áreas impróprias para o uso da terra, a fim de manter a cobertura vegetal original, a qual será responsável por atenuar os efeitos erosivos, a lixiviação dos nutrientes no solo e o assoreamento, além de contribuir para regularizar a vazão dos cursos d água, trazendo benefícios para a fauna silvestre (Silva, 1996).

Além disso, vivemos um modelo socioeconômico no qual o desenvolvimento urbano apresenta permanente conflito com o meio ambiente, devido à ausência, em muitas vezes, de uma ocupação planejada. Neste contexto, o conhecimento das áreas de uso de uma determinada região, além de possibilitar o direcionamento adequado do tipo de manejo, permite identificar possíveis problemas acarretados pelo efeito das ações antrópicas sobre essas regiões, tendo relação direta com a conservação e a exploração sustentável dos recursos naturais. Ao mesmo tempo, o planejamento adequado da terra deve ser realizado constantemente para que a degradação não ocorra ou, ao menos, seja diminuída ao longo dessas áreas, principalmente das APP's.

Dentro da gestão ambiental, uma das principais dificuldades com que se tem defrontado é a falta de uma fonte de dados com informações básicas da paisagem. Tais informações são extremamente necessárias em projetos ambientais, especialmente para realizar a recomposição de áreas degradadas, fornecendo auxílio ao manejo e à conservação do solo e da água nas microbacias hidrográficas.

Assim, a incorporação de informações provenientes de sensores remotos orbitais aos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) aliada à eficaz capacidade de processamento, análise e manipulação que estes oferecem, torna-se possível à verificação de áreas submetidas às restrições impostas pelo Código Florestal, suas irregularidades, bem como a possibilidade de recuperação.

Dessa forma, o presente trabalho visa à utilização de geotecnologias na coleta de dados e no mapeamento de uso da terra em áreas de APP's, permitindo as suas delimitações e diagnóstico de possíveis intervenções antrópicas, contribuindo para futuras fiscalizações ambientais, de acordo com a Lei Federal N° 4.771, de 1965 que instituiu o Código Florestal Brasileiro e as resoluções CONAMA N° 04/1985 e n° 303/2002.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido na microbacia do Ribeirão Santo Antonio, situada no município de São Manuel (SP), com uma área de 4286,15ha, e sua situação geográfica é definida pelas coordenadas: Latitude 22° 31' 52" a 22° 38' 20" S e Longitudes 48° 33' 40" a 48° 38' 47" WGr.

Os solos ocorrentes na área foram classificados como (Piroli, 2002): LVd - Latossolos Vermelhos distróficos, RLe - Neossolo Litólico eutrófico, LVAd - Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, NVdf – Nitossolo Vermelho distroférico e GXbd - Gleissolo Háptico Tb distrófico

A digitalização do limite da área da microbacia do Córrego São Antonio – São Manuel (SP) foi realizado através do módulo de digitalização (digitalize) no IDRISI, utilizando-se da Carta Planialtimétrica em formato digital editada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (1973), São Manuel.

A delimitação de uma bacia hidrográfica é dada pelas linhas divisoras de água que demarcam seu contorno. Estas linhas são definidas pela conformação das curvas de nível existentes nas cartas planialtimétricas e ligam os pontos mais elevados da região em torno da drenagem, ARGENTO & CRUZ (1996).

Para realizar o processo de georreferenciamento das imagens orbitais foram identificadas as coordenadas dos pontos de controle de tela (sob a imagem) e as coordenadas na projeção UTM nas cartas topográficas de São Manuel. Com estas informações gerou-se um arquivo de correspondência pelo módulo *Data Entry/Edit*, com as coordenadas X e Y de tela e seus correspondentes através do módulo *Reformat/Resample do SIG Idrisi Selva*.

Inicialmente, foi elaborada uma composição colorida, obtida a partir da imagem de satélite digital, bandas 3, 4 e 5 do sensor *Thematic Mapper* do LANDSAT – 5, da órbita 220, ponto 76, quadrante A, passagem de 2009, escala 1:50000. Esta composição apresenta os corpos d'água em tons azulados, as florestas e outras formas de vegetações em tons esverdeados e os solos expostos em tons avermelhados.

No georreferenciamento foi utilizado o sistema de coordenadas planas, projeção UTM, datum Córrego Alegre, bem como dois arquivos de pontos de controle, sendo o primeiro da imagem digital e o outro, da carta topográfica de São Manuel (SF-22-Z-B-V-2), editada em 1969 pelo IBGE. Foram determinadas as coordenadas de cada ponto e com estes dados foi feito um arquivo de correspondência, através do comando *Edit* do menu *Database Query*, presente no módulo *Analysis do SIG Idrisi Selva*.

Após o georreferenciamento, foi feito o corte, extraindo-se apenas a área da microbacia, sendo em seguida demarcadas as áreas de treinamento sobre a imagem com o cursor e o mouse. Essas áreas foram demarcadas sobre grande número de locais, buscando-se abranger todas as variações de cada ocupação do solo (Figura 1).

Posteriormente, foram criadas as assinaturas pelo módulo *Makesig* e a classificação supervisionada propriamente dita pelo método de Máxima Verossimilhança, através do módulo *Maxlike*. Na classificação supervisionada, as ocupações do solo foram identificadas e diferenciadas, umas das outras pelo seu padrão de resposta espectral, sendo as áreas de treinamento delimitadas por polígonos desenhados sobre cada uso da terra na imagem..

Em seguida, foram indicados os nomes para cada classe de uso da terra, associados aos seus respectivos identificadores, sendo a imagem classificada e os cartogramas demonstrativos da distribuição espacial de cada uso da terra com base nestes dados.

Na identificação digital dos alvos, foram utilizadas as chaves de interpretação para imagens (Rocha, 1986) para determinação das classes de uso.

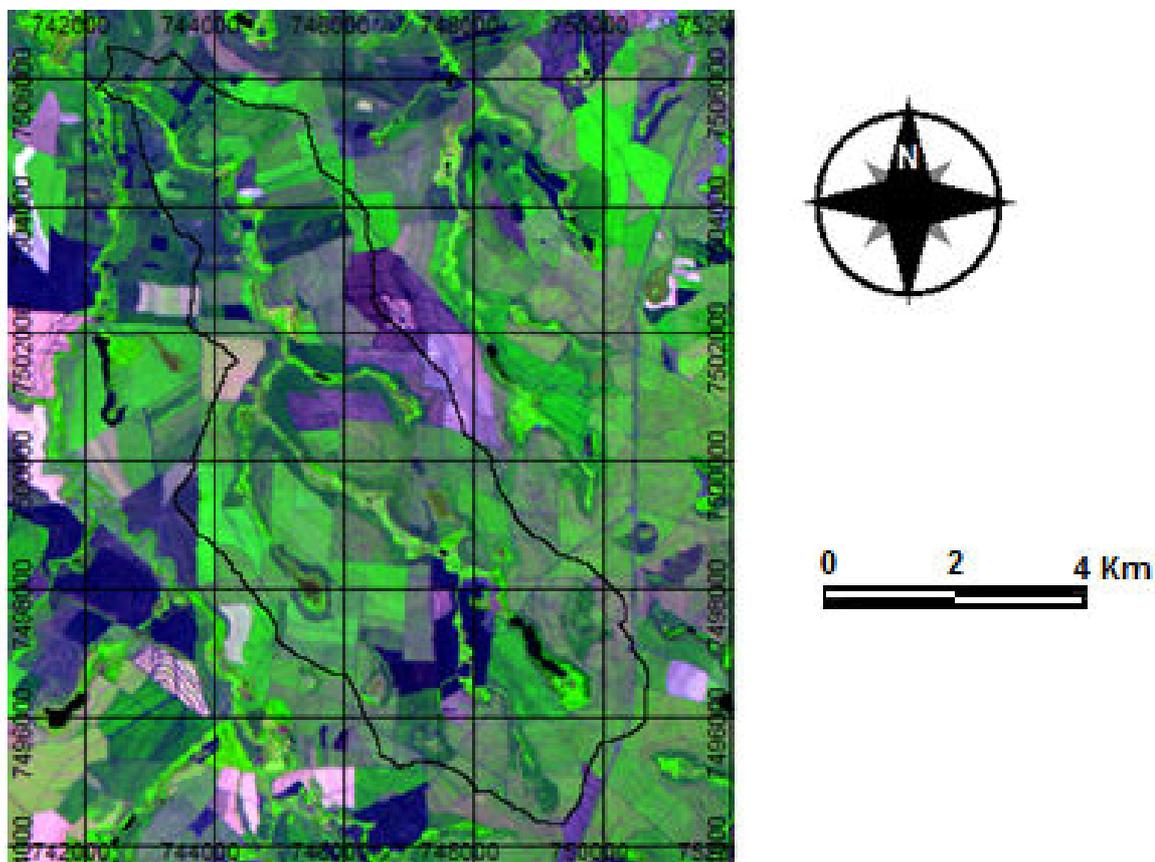


Figura 1. Imagem georreferenciada com composição das bandas 3, 4 e 5 do sensor “Thematic Mapper” do LANDSAT – 5.

Após a elaboração da carta de uso da terra, as áreas foram determinadas com o auxílio do *software SIG – IDRISI*, utilizando-se do comando *Area* do menu *Database Query*, pertencente ao módulo *Analysis*, sendo posteriormente determinadas as porcentagens de cada classe.

Como o ArcGIS permite trabalhar com tabelas de atributos vinculadas a um dado geográfico, nesse caso o *shapefile*, ou tabelas independentes, esses arquivos foram exportados do IDRISI através da opção do menu *File*, comando *Export* e opção *Software-Specific Formats -> ESRI Formats/ SHAPEIDR*.

As áreas de preservação permanentes foram definidas ao longo dos cursos d’água e ao redor das nascentes do Ribeirão Santo Antonio, onde foi utilizada a operação *Proximity* →

Buffer do Argis 9.3, que proporcionou a criação de um *buffer* de 50m de raio nas áreas das nascentes e um *buffer* de 30m de cada lado da drenagem ao longo do leito do córrego, com isso resultando no mapa de APP's fundamentado na resolução CONAMA n° 303/2002, Art. 3º: “constitui Área de Preservação Permanente a área situada em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima de trinta metros, para o curso d'água com menos de 10 metros de largura”, e no Código Florestal (Lei 4.771/1965), que considera essas áreas, cobertas ou não por vegetação nativa: “com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”.

Para quantificar os tipos de uso conflitante utilizando-se álgebra de mapas (mapa de uso da terra x APP's) foi realizada uma sobreposição ou *overlay* do mapa de uso e cobertura da terra com o mapa das APP's para identificação das áreas de conflito de uso nas APP's. Os procedimentos foram executados no ArcGIS utilizando-se a opção *Analysis Tools* do menu *ArcToolbox* com o comando *Intersect*.

Após a sobreposição desses mapas, as áreas de ocorrência dos conflitos de acordo com as classes de uso foram identificadas e devidamente mensuradas, executando as funções de cálculo de área, através das ferramentas *Calculate Geometry* e *Field Calculator* a partir da tabela de atributos do *shape*. Esses procedimentos permitiram a delimitação das áreas de classes de uso da terra, qualificando e quantificando as áreas que estavam contidas nos limites das APP's, conforme procedimento metodológico (Figura 2).

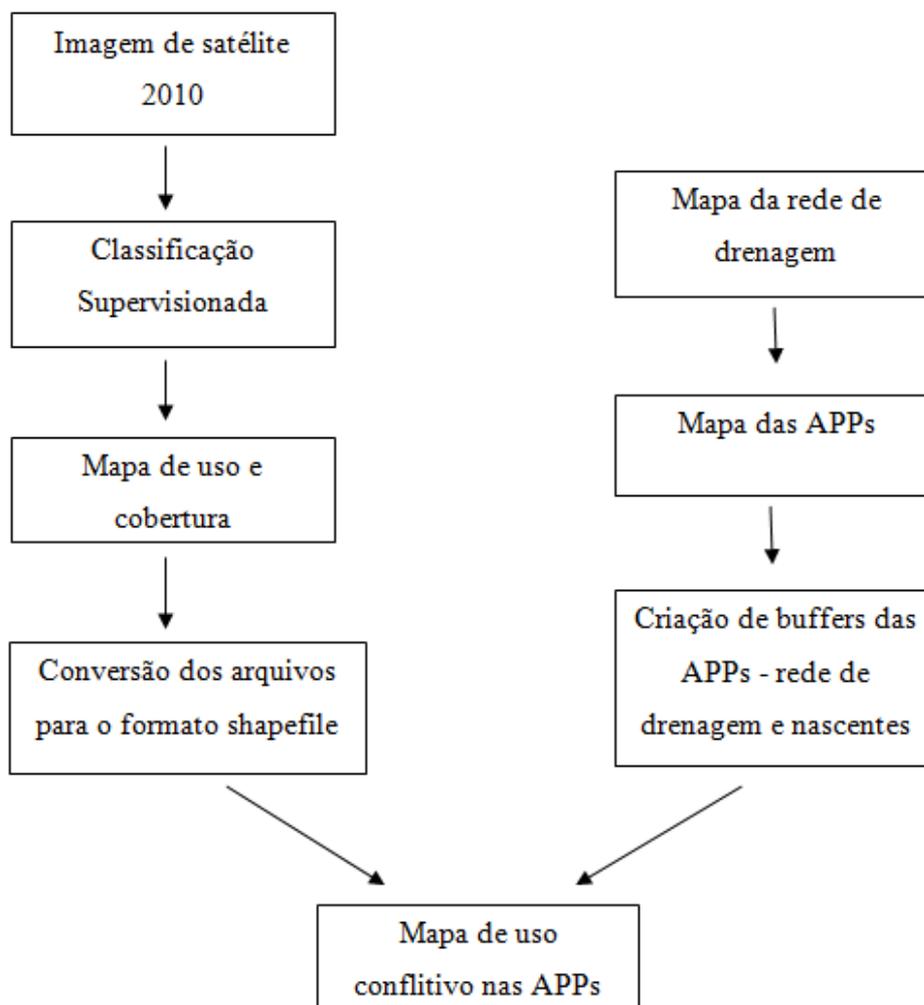


Figura 2. Fluxograma metodológico para determinação de áreas de conflitos de uso em APP's.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Sistema de Informação Geográfica – IDRISI Andes 15.0 permitiu discriminar, mapear e quantificar 5 feições na microbacia do Ribeirão Santo Antonio – São Manuel - SP (Figura 3 e Quadro 1): cana-de-açúcar, mata ciliar, pastagem, barragem (água), e outros (sede de fazendas, antigos engenhos e terreiros de café).

As transformações na cobertura vegetal acontecem de forma dinâmica na bacia, ao longo do tempo, com a região sofrendo mudanças nas paisagens nesses últimos anos, caracterizadas principalmente pela expansão das pastagens (CAMPOS, 1997).

Na região de São Manuel, as áreas de vegetação natural com clima e topografia favoráveis, apresentam apenas vestígios da cobertura vegetal original, ao passo que os cerrados vêm diminuindo progressivamente pela utilização de suas áreas, principalmente com culturas de alto retorno econômico, como é o caso da cultura da cana-de-açúcar.

A análise do uso do solo (Figura 3 e Tabela 1) na microbacia do Ribeirão Santo Antonio – São Manuel (SP) mostra que a cana-de-açúcar foi a cultura que ocupou a maior

parte da área, representando mais de 81%, ou seja, 3471,71 ha, mostrando com isso o avanço da cultura canavieira na região paulista (CAMPOS, 1993).

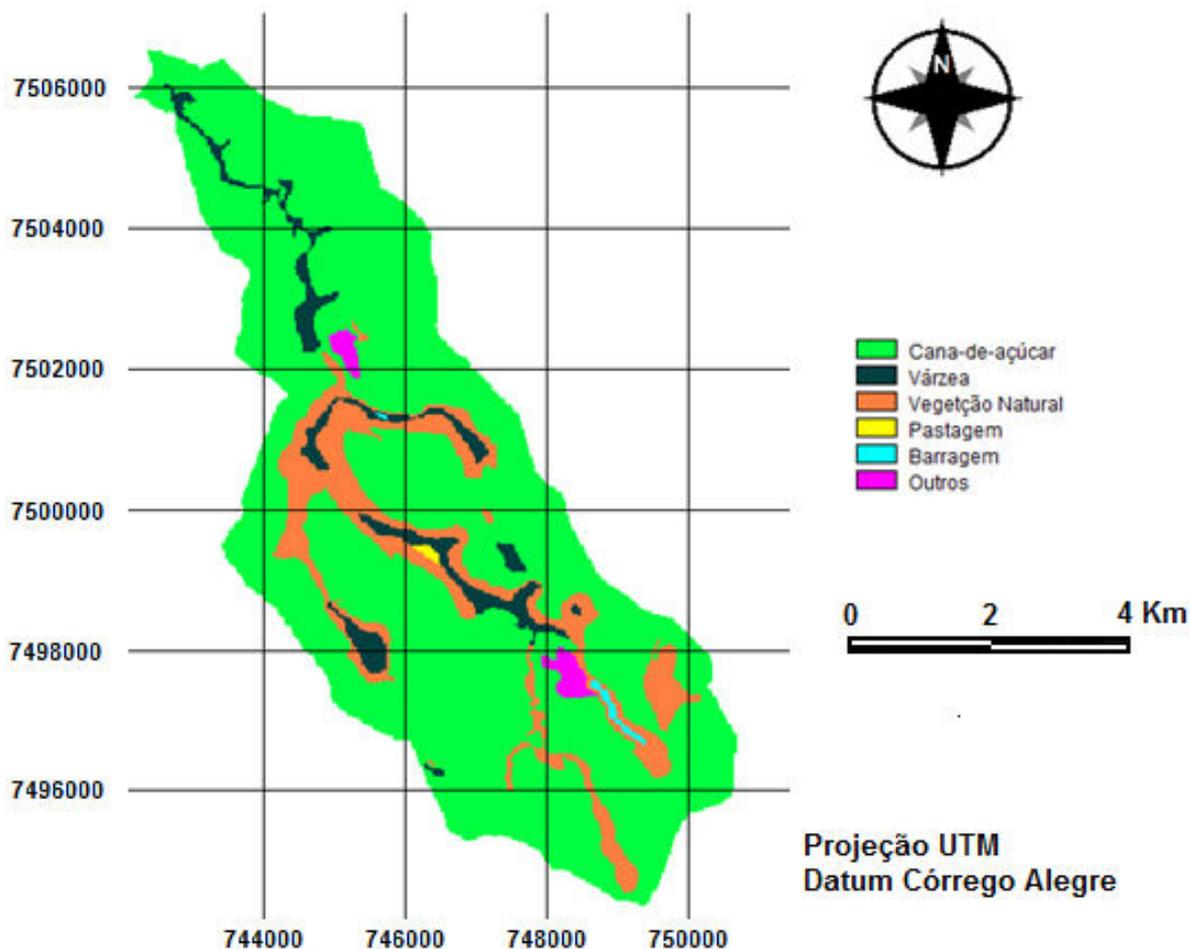


Figura 3. Uso do solo da microbacia do Ribeirão Santo Antonio – São Manuel (SP).

Tabela 1. Uso da terra na microbacia do Ribeirão Santo Antonio – São Manuel, SP

Uso do solo	Área	
	ha	%
Cana-de-açúcar	3471,71	81,00
Várzea	215,73	5,03
Vegetação Natural	537,66	12,54
Pastagem	4,70	0,11
Barragem (água)	10,94	0,26
Outros	45,41	1,06
Total	4286,15	100

A vegetação natural, nas últimas décadas, vêm decrescendo lentamente, com ligeira estabilização na quantidade de área, apesar da sua qualidade diminuir com a decadência das

essências florestais nobres e depauperação da fauna, conforme Gonçalves (1990). Esse quadro não foi diferente para a microbacia.

As transformações na cobertura vegetal acontecem de forma dinâmica na microbacia, ao longo do tempo, com a região sofrendo mudanças nas paisagens nesses últimos anos, caracterizadas principalmente pela expansão das pastagens (Campos, 1997).

Os solos mais pobres em função do aumento da densidade demográfica e do aperfeiçoamento das técnicas agrônômicas vêm também sendo utilizados (Borgonovi & Chiarini, 1965). Assim, na região de Botucatu, as áreas de florestas com clima e topografia favoráveis, apresentam apenas vestígios da cobertura vegetal original, ao passo que os cerrados vêm diminuindo progressivamente pela utilização de suas áreas, principalmente com pastagens.

As áreas de vegetação natural com clima e topografia favoráveis, apresentam apenas vestígios da cobertura vegetal original, ao passo que os cerrados vêm diminuindo progressivamente pela utilização de suas áreas, principalmente com culturas de alto retorno econômico, como é o caso do reflorestamento.

A microbacia não vem sendo conservada ambientalmente ao longo dos anos, pois as vegetações naturais, de grande importância em termos de preservação ambiental, representaram 12,54% da área. Estas são formadas por matas ciliares, zonas de cerrado e de florestas propriamente ditas.

Os desflorestamentos agredem o solo, deixando-o descoberto e sob a ação das chuvas, aparecendo em consequência as erosões e a lixiviação dos elementos nutritivos essenciais para sobrevivência das plantas. Desta forma, o uso da terra deve ser realizado de forma racional, adequado e não agressivo ao meio ambiente (Rocha, 2012).

Este é um parâmetro muito importante, pois de acordo com Rocha (1991), as florestas são fundamentais no controle de erosão, de enchentes e na recarga do lençol freático quando situadas em locais adequados.

Assim, a agricultura é uma das principais formas de exploração das terras deste país de grande importância para realização do levantamento das condições do solo e meio natural básico para a atividade agropecuária. Essa exploração de forma consciente baseado na adequação de práticas conservacionistas, permite um melhor proveito e aumenta a longevidade, possibilitando o aumento da potencialidade e a utilização pelas gerações futuras.

Após a delimitação da rede de drenagem, foram estabelecidas as APP's, que correspondem a 66,66 ha (3,88%) de toda a área da microbacia.

No mapa de conflito de usos em áreas de APP's (Figura 4 e Tabela 2), o buffer gerado num raio de 50m ao redor das nascentes e ao longo da rede de drenagem estudada com uma largura de 30m ocupou 8,99% (1969,06ha) da área. As áreas de preservação permanentes (79,63ha) estão sendo usadas inadequadamente para outros fins, como: 29,46% com cana-de-açúcar, 1,59% com pastagem e 1,01% com outros (elementos construídos). Do restante da área, 1,79% vem sendo utilizada com barragem, e 66,15% vem sendo preservado com vegetação natural (30,97%) e várzea (35,18%).

O levantamento do conflito de uso da terra em APP's é muito importante na conservação ambiental, uma vez as APP's são fundamentais na preservação dos recursos naturais. Portanto, este estudo permitiu constatar que as áreas de preservação permanentes vêm sendo parcialmente respeitadas na área (33,85%), pois se apresentam constituídas com vegetação natural (30,97%) e várzea (35,18%).

Neste estudo, os conflitos de uso da terra em áreas de preservação permanente foram analisados somente ao longo da rede de drenagem e nascentes da bacia, dada a ausência das categorias de APP's situadas no terço superior dos morros e encostas com declividade superior a 45°, conforme itens dos artigos 2º e 3º da Resolução nº 303 do CONAMA.

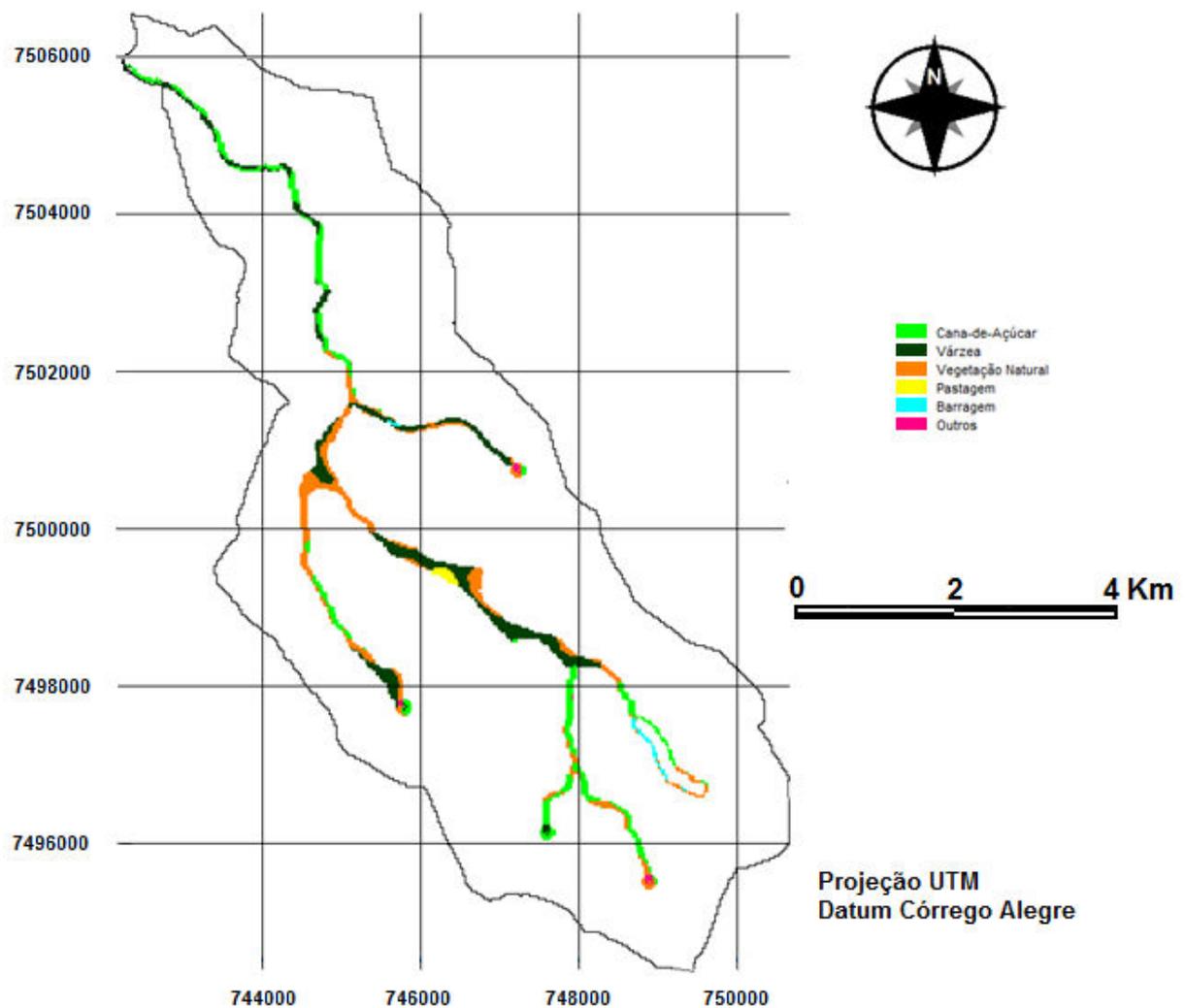


Figura 4. Conflitos de uso do solo em APP's na microbacia do Ribeirão Santo Antonio – São Manuel, SP.

Tabela 2. Conflitos de uso do solo nas APP's da microbacia do Ribeirão Santo Antonio – São Manuel, SP.

Uso do Solo	Conflitos	
	ha	%
Cana-de-açúcar	73,17	29,46
Várzea	87,38	35,18
Vegetação Natural	76,92	30,97
Pastagem	3,94	1,59
Barragem	4,43	1,79
Outros	2,52	1,01
Total	248,36	100

A exatidão do mapeamento foi realizada estatisticamente através do índice Kappa (LANDIS & KOCH, 1977). O índice Kappa calculado sobre os resultados desta abordagem de classificação foi de 0,5792, classificado como boa, segundo Landis e Koch, (1977).

CONCLUSÕES

A imagem de satélite e a utilização dos sistemas de informação foram ferramentas muito importantes no processo, em função da facilidade e rapidez para o mapeamento das classes de uso da terra, permitindo a elaboração de mapas digitais e fornecendo resultados confiáveis num pequeno intervalo de tempo.

Os resultados auxiliarão nos futuros planejamentos de recuperação e ordenamento da área, visto que possibilitaram a verificação de que a área não vem sendo ambientalmente preservada, pois se apresenta coberta com 12,54% de vegetação natural, sendo que o mínimo exigido pela legislação do Código Florestal Brasileiro vigente é de 20%.

O alto índice de ocupação do solo pela cana-de-açúcar (81%) refletiu a predominância da agricultura regional. A área de preservação permanente com 1083,7ha, dos quais 56,05% (607,37ha) estão sendo ocupados inadequadamente por pastagem, área urbana, culturas, quintais, erosão e reflorestamento.

REFERÊNCIAS

- ARGENTO, M.S.F., CRUZ, C.B.M. Mapeamento geomorfológico. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 282p.
- BORGONOV, M.; CHIARINI, J.V. Cobertura vegetal do Estado de São Paulo. I - Levantamento por fotointerpretação de áreas cobertas com cerrado, cerradão e campos em 1962. *Bragantia*, Campinas, v.24, n.12, p.159-72, 1965.
- BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de Setembro de 1965, que institui o novo Código Florestal.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 303, de 20 de Março de 2002, dispõe sobre as áreas de preservação permanente.
- CAMPOS, S. Fotointerpretação da ocupação do solo e suas influências sobre a rede de drenagem da bacia do rio Capivara - Botucatu (SP), no período de 1962 a 1977. Botucatu: 1993. 164f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP.
- CAMPOS, S. Diagnóstico físico conservacionista da bacia do rio Lavapés - Botucatu (SP). 1997. 140f. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP, Botucatu.

- GONÇALVES, J.S. Anuário de informações estatísticas da agricultura. São Paulo: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, Instituto de Economia Agrícola, 1990. 11p. (Série Informações Estatísticas da Agricultura).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cartas do Brasil**. Superintendência de Cartografia do Ministério do Planejamento e Coordenação Geral do Brasil. Folha de São Manuel - SP, 1973.
- LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, v.33,n.1,p.159- 174, 1977.
- PIROLI, E.L. *Geoprocessamento na determinação da capacidade e avaliação do uso da terra do município de Botucatu – SP*. Botucatu, 2002, 108 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- ROCHA, J.S.M. da. Manual de interpretação de aerofotogramas. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1986, 58p.
- ROCHA, J.S. M. da. Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas. ed. UFSM, Santa Maria, RS. 1991. 181p.
- SILVA, E. Código Florestal Brasileiro: função e áreas de preservação permanente. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSISTEMAS FLORESTAIS, 4, 1996, Belo Horizonte, MG. Anais... Belo Horizonte: 1996. p.48.

Recebido para publicação em 27/05/2013
Aceito para publicação em 11/11/2013