

**SIG APLICADO NA ESPACIALIZAÇÃO DO USO DA TERRA DE UMA BACIA
HIDROGRÁFICA, VISANDO PLANEJAMENTO FUTUROS DOS RECURSOS NATURAIS**SÉRGIO CAMPOS¹; MARCELO CAMPOS²; ANA P. S. G.D. DI TORO³¹ Eng^o Agr^o, Prof. Titular, Universidade Estadual Paulista – seca@fca.unesp.br² Físico, Prof. Dr., Universidade Estadual Paulista – marcelocampos@tupa.unesp.br³ Profa. Dra., Universidade Estadual Paulista – teresap@fcav.unesp.br

Apresentado no

XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016
24 a 28 de julho de 2016- Florianópolis – SC, Brasil

RESUMO: A identificação, o mapeamento e a quantificação das ocupações do solo são de fundamental importância para os profissionais que dependem de um levantamento mais detalhado dos alvos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o uso da terra na bacia do Capivara - Botucatu (SP), tendo como base as imagens TM do satélite Landsat 7, bandas 3, 4 e 5, órbita 220, ponto 76, quadrante A, passagem de 2010; a carta planialtimétrica de Botucatu (SP), em escala 1:50.000 e o Sistema de Informações Geográficas - IDRISI Selva. A bacia apresenta uma área de 21.912,13 ha e está localizada entre os paralelos 22°39' a 22°57' de latitude S e 48°17' a 48°29' de longitude W Gr. Os resultados mostraram que este programa foi eficiente para auxiliar na identificação e mapeamento das áreas com uso da terra, facilitando o processamento dos dados. As imagens de satélite TM/LANDSAT 7 forneceram um excelente banco de dados para a classificação supervisionada. A área vem sendo preservado ambientalmente, pois apresenta-se coberto com mais de 20% de florestas, mínimo exigido por lei. As áreas de pastagem e reflorestamento, principais componentes da paisagem da bacia, confirmam a vocação da região para a pecuária (31,56%) e silvicultura (20,01%).

PALAVRAS CHAVES: imagem de satélite, geoprocessamento e sensoriamento remoto.

**SIG APPLIED ON THE SPATIAL DISTRIBUTION OF THE LAND USE OF A
WATERSHED LAND, IN ORDER TO PLANNING FUTURE OF NATURAL RESOURCES**

ABSTRACT: The identification, mapping and quantification of land occupations are of fundamental importance for professionals who depend on a more detailed survey of the targets. This study aimed to evaluate the land use in the basin of Capivara - Botucatu (SP), based on the Landsat 7 satellite images bands, paragraph 76, point 76, quadrant A, 2010 passage; Botucatu (SP) planialtimetric chart, 1:50000 and the Geographic Information System - IDRISI Selva. The basin covers an area of 21912.13 ha and is located between the parallel 22° 39' to 22° 57' S latitude and 48° 17' to 48° 29' longitude W Gr. The results showed that this program was efficient to assist in the identification and mapping of areas of land use, facilitating the data processing. TM / Landsat 7 satellite images provide an excellent database for supervised classification. The area has been preserved environmentally, because it covered more than 20% of forests, the minimum required by law. The areas of pasture and reforestation, major landscape components of the basin, confirm the region's vocation for livestock (31.56%) and forestry (20.01%).

INTRODUÇÃO

O conhecimento da ocupação do solo e da sua localização em uma determinada região, fornece elementos para o planejamento de uso ambiental e de extração de recursos naturais, visando à melhoria da qualidade de vida da população. Os dados experimentais obtidos de

imagens orbitais são fundamentais para os estudos no campo científico, principalmente no planejamento de uso da terra, por possuírem um rico e importante potencial de variáveis mensuráveis dos aspectos superficiais do terreno.

A identificação, o mapeamento e a quantificação das ocupações do solo, com a análise visual da imagem de satélite são de fundamental importância para os profissionais que dependem de um levantamento mais detalhado dos alvos.

A região de Botucatu tem sofrido explorações predatórias e má utilização do solo, principalmente que se agravam, devido aos métodos inadequados e falta de planejamento do uso da terra, o que tem acarretado assoreamentos dos rios e reservatórios.

As áreas de matas 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 cobertura vegetal sofreu e vem sofrendo constantes modificações ao longo dos anos com a ação do ser humano, sendo mais intensa essa dinâmica nos solos com melhor fertilidade e de condições ecológicas mais propícias para a exploração agropecuária.

Os solos mais pobres em função do aumento da densidade demográfica e do aperfeiçoamento das técnicas agrônômicas vêm sofrendo modificações, sendo os cerrados, cerradões e os campos substituídos por atividades silviculturais, conforme relata (Borgonovi; Chiarini, 1965).

A cobertura vegetal, segundo Vieira (1978), tem grande influência nos processos de escoamento, pois atua no regime das águas, nas características do solo, e no mecanismo hidrológico, retardando e desviando o escoamento superficial e, conseqüentemente, a erosão.

O levantamento do uso atual da terra, necessário para fins de planejamento, pode ser obtido a partir da utilização de dados multiespectrais, fornecidos por satélites de Sensoriamento Remoto, associados às técnicas de interpretação (Pereira et al., 1989).

As vantagens de utilizar dados de sensoriamento remoto nos levantamentos do uso atual das terras, segundo Freitas Filho (1993) são atingir grandes áreas de difícil acesso e fazer o imageamento à altas altitudes, possibilitando uma visão sinóptica da superfície terrestre, com repetitividade, viabilizando, portanto, as ações de monitoramento.

Santos et al. (1993) comentam que o uso de imagens de satélite como base cartográfica é muito promissor, devido ao seu relativo baixo custo, fácil aquisição, periodicidade de aquisição e fornecimento de importantes informações sobre mudanças no uso da terra.

Crósta (1992) afirma que na classificação supervisionada é necessário que o usuário tenha conhecimento prévio da área a ser classificada. Esse tipo de observação é chamada de verdade terrestre. Essas áreas podem ser usadas como padrão de comparação, com a qual todos os pixels desconhecidos da imagem serão comparados para decidir a qual classe pertencem. A área da imagem que o usuário identifica como representativa de uma das classes é chamada área de treinamento.

Nesse contexto, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do rio Capivara - Botucatu (SP), visando planejamento futuros dos recursos naturais.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do rio Capivara - Botucatu-SP, situado na região Centro-Sul a 232 km da capital do Estado de São Paulo. Está delimitada pelas coordenadas geográficas, longitudes 48° 17' a 48° 29' W Gr. e latitudes 22° 39' a 22° 57' S, ocupando uma área de 21912,13ha.

O clima do Município é, segundo a classificação de Köppen, tipo Cfa, com clima temperado chuvoso e com a direção dos ventos predominantes Sudeste/Noroeste (SE/NW). De acordo com Martins (1989), a temperatura média anual na região é de 20,2 °C, sendo as temperaturas médias dos meses mais quentes de 23,2 °C e dos meses mais frios de 16,9 °C.

A precipitação média anual é de 1.447 mm, ocorrendo uma precipitação média nos meses mais chuvosos de 223,4 mm e no mês mais seco de 37,8 mm. As temperaturas máximas absolutas não assumem valores excessivamente altos, privilegiando a região com verão ameno.

Os solos da bacia (Piroli, 2002) são derivados do arenito e do basalto, com o predomínio dos arenitos. Os principais são:

- Neossolos Quartzarênicos (RQ): são solos de baixa fertilidade com baixa capacidade de retenção de água, são derivados do arenito Botucatu, são muito susceptíveis à erosão e localizam-se ao norte do Município. A sua ocupação atual tem predominância de pastagens e de reflorestamento com eucalipto. Nessas áreas a ocorrência de voçorocas é frequente.

- Latossolos Vermelho-Amarelos (LVA): são solos profundos de textura leve, bem drenados, com fertilidade baixa e alta suscetibilidade à erosão. No Município aparecem em ampla faixa ao sul, pequena faixa ao norte da parte frontal da “Cuesta”; ocorrem em áreas de relevo suave a ondulado e a cobertura vegetal tem predominância de campo e cerrado. A ocupação atual é composta predominantemente por eucaliptos, pastagens e frutíferas diversas.

- Neossolos Litólicos (RL): apresentam textura argilosa, ocorrem em relevo montanhoso, são solos pouco desenvolvidos e, no Município, aparecem em toda a extensão da “Cuesta”. A profundidade é mínima, com vertentes dos vales muito íngremes e de forma convexa. A vegetação nativa tem predominância da fisionomia latifoliada tropical. São solos com abundantes afloramentos de rochas e pouco adequados para agricultura.

- Latossolos Vermelhos (LV): com textura argilosa, são solos profundos, bem drenados e formados a partir de rochas basálticas. A vegetação original é de Mata Atlântica, da qual restam pequenos fragmentos. São solos adequados para a cultura do café e culturas anuais (feijão, milho, olerícolas e pastagens).

O relevo e a geomorfologia caracterizam-se por três regiões fisiográficas distintas denominadas: Depressão Periférica, reverso e *front* da “Cuesta”. As altitudes variam de 650 m a 950 m em relação ao nível do mar.

Para a delimitação das divisas do município foram utilizadas cartas topográficas, na escala 1:50.000 com equidistâncias verticais de 20 em 20 metros, editadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Utilizaram-se as cartas topográficas de Botucatu (SF-22-R-IV-3), editada em 1973.

Como fonte de dados foi utilizada a imagem de satélite nas bandas 3, 4 e 5, correspondentes às regiões do espectro visível, do infravermelho próximo e médio do Sensor TM, do LANDSAT 5, órbita 220, ponto 76, quadrante A, passagem de 2010, para elaboração da carta de uso da terra do Município de Botucatu. O Sistema de Informações Geográficas - IDRISI Selva foi usado para as análises.

Inicialmente, uma composição falsa cor foi elaborada com a combinação das bandas 3, 4 e 5, nas cores azul, verde e vermelho, respectivamente, pois esta apresenta uma boa discriminação visual dos alvos, possibilitando a identificação dos padrões de uso da terra de maneira lógica. 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.

O georreferenciamento da composição falsa cor foi realizado através do módulo *Reformat/Resample* do SIG – IDRISI. Os pontos de controle para o georreferenciamento foram obtidos nas cartas topográficas e confirmados “in loco” no campo com o GPS. Após o georreferenciamento, foi feito o recorte da área e demarcadas as áreas de treinamento sobre a

imagem com o cursor e o mouse em vários locais, procurando-se abranger todas as variações de cada ocupação do solo.

Para o georreferenciamento da imagem digital, utilizaram-se dois arquivos de pontos de controle. O primeiro foi criado usando a imagem digital e o outro, a carta topográfica. Os pontos de controle foram escolhidos de forma que cada um deles fosse facilmente identificado, tanto na imagem digital, como na carta topográfica. Foram determinadas as coordenadas de cada ponto e com estes dados foi feito um arquivo de correspondência, sendo colocado inicialmente as antigas coordenadas (carta topográfica) e em seguida, as novas coordenadas (imagem) para cada ponto escolhido, através do comando *Edit* do menu *Database Query*, presente no módulo *Analysis*. Para escolher a equação de melhor ajuste entre os dois sistemas de referência foi utilizado o menu *Resample* do módulo *Reformat*, o qual faz a reamostragem e a correção geométrica dos pontos de controle.

Em seguida, foram criadas as assinaturas pelo módulo *Makesig* e depois, a classificação supervisionada propriamente dita pelo método de Máxima Verossimilhança, através do módulo *Maxlike*.

A classificação supervisionada permitiu classificar 9 classes de usos das terras representadas por cana-de-açúcar, reflorestamento, floresta nativa, pastagem, citrus, barragem, várzea, culturas anuais e área urbana. Nesta fase usaram-se seus padrões de resposta espectral. As áreas de treinamento foram delimitadas por polígonos desenhados sobre cada classe de uso da terra na imagem. Em seguida, foram indicadas as assinaturas para cada classe de uso da terra, criando-se um arquivo de assinaturas para todas as categorias. A imagem foi classificada com base nesses dados e as amostras de usos das terras duvidosas foram confirmadas a campo com uso do GPS.

As áreas dos usos das terras da bacia foram determinadas utilizando o comando *Area* do menu *Database Query*, pertencente ao módulo *Analysis*, e posteriormente foram também determinadas as porcentagens de cada classe.

Para a identificação dos alvos em suas cores reais foram utilizadas as chaves de interpretação para imagens, propostas por ROCHA (1986).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cobertura vegetal vem sofrendo modificações constantes com a ação do ser humano, sendo mais intensa essa dinâmica nos solos com melhor fertilidade e de condições ecológicas mais propícias para a exploração agrícola. Contudo, com o aumento da densidade demográfica e o aperfeiçoamento das técnicas agronômicas, os solos mais pobres também vêm sendo utilizados para atividades agropecuárias. Observa-se que este fato já está ocorrendo na região de Botucatu, onde áreas com matas, em clima e topografia favoráveis, apresentam apenas vestígios da cobertura original, e as áreas de cerrados vêm diminuindo progressivamente devido à utilização de suas terras, principalmente por culturas de rápido retorno econômico para o produtor rural, como é o caso da cana-de-açúcar, do reflorestamento e, recentemente, do citrus.

A classificação supervisionada (Figura 1 e Tabela 1), obtido da imagem de satélite do LANDSAT em 2010, permitiu constatar a existência de 9 classes de uso representativas: cana-de-açúcar, reflorestamento, floresta nativa, pastagem, citrus, barragem, várzea, culturas anuais e área urbana.

Os usos das terras, observados na imagem de satélite indicam que mais de 31% da área de estudo era coberta por pastagens, comprovando a vocação da região para a pecuária (Campos, 1993).

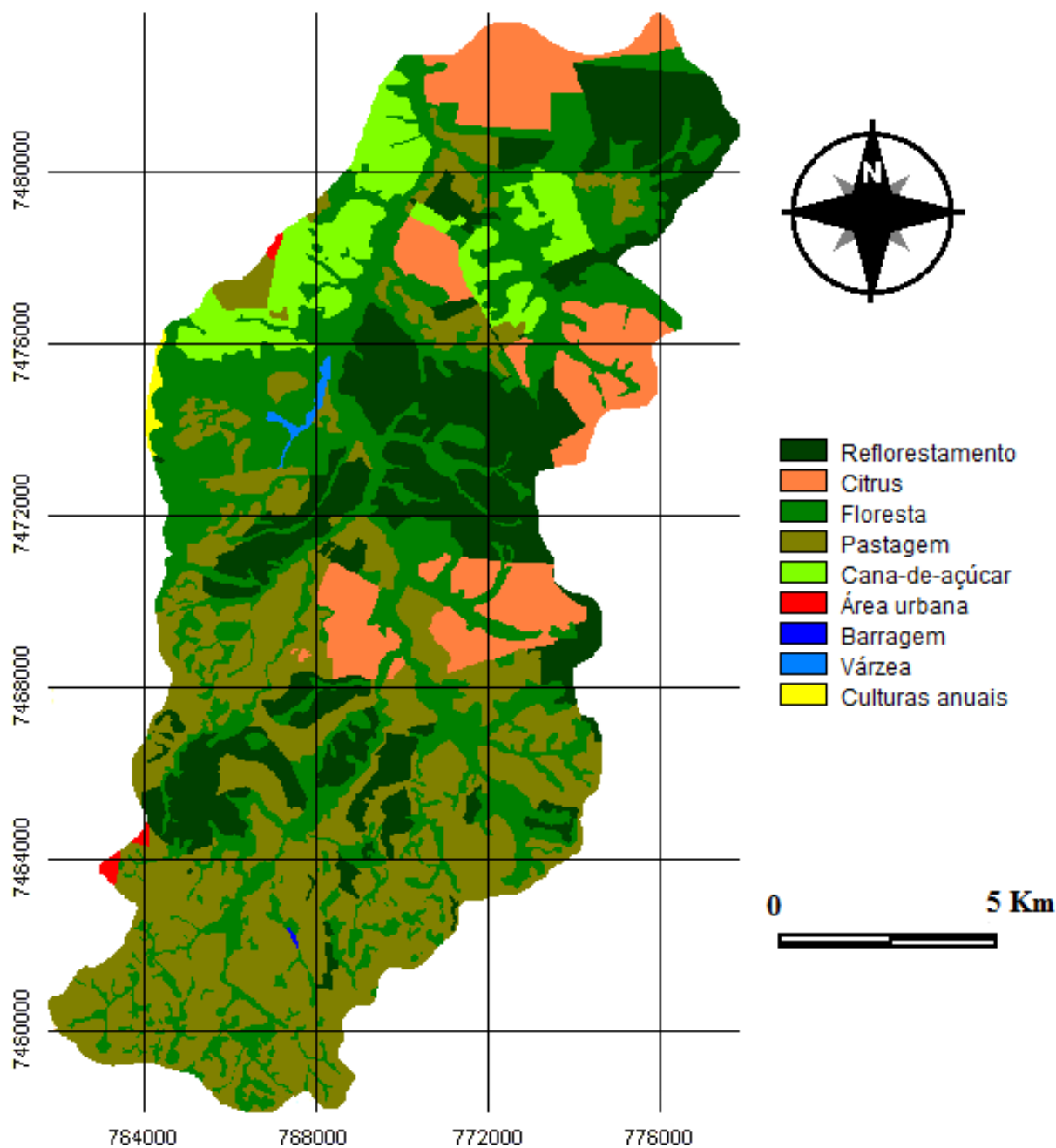


Figura 1. Uso e ocupação das terras da bacia hidrográfica do Rio Capivara - Botucatu (SP).

As florestas nativas, formadas por vegetações arbóreas, ou seja, matas ciliares, cerrados e florestas propriamente ditas, predominaram em 30,62%. Segundo Brasil (1965) a reserva mínima de florestas deve ser de 20%. Isto permite inferir que não houve intervenção humana nestes locais devido à proteção dada pela Legislação Florestal vigente, pois o Código Florestal define essas áreas situadas às margens de cursos d' água, rios e ao redor de nascentes como sendo áreas de preservação permanente.

Os reflorestamentos (pinus, eucalipto), outra cobertura florestal muito significativa no município de Botucatu, apresentam grande importância econômica, fornecendo matéria-prima para as indústrias de beneficiamento de madeiras e de produtos derivados, como chapas de fibra, aglomerados e compensados. Esse uso da terra e atividades derivadas vêm gerando

empregos e contribuindo para o desenvolvimento econômico e social dos municípios da região.

Tabela 1. Uso e ocupação das terras da bacia hidrográfica do Rio Capivara - Botucatu (SP).

Classes de Uso da Terra	Área	
	ha	%
Reflorestamento	4384,08	20,01
Citrus	2331,65	10,64
Floresta	6708,96	30,62
Pastagem	6915,79	31,56
Cana-de-açúcar	1424,80	6,50
Área urbana	46,06	0,21
Barragem	4,24	0,02
Várzea	53,16	0,24
Cultura anual	43,39	0,20
Total	21912,13	100,00

O reflorestamento com 20,01%, além de ser eficiente na proteção da rede de drenagem em regiões com processos erosivos, tem grande influência no mecanismo hidrológico, retardando e desviando o escoamento superficial e conseqüentemente o processo erosivo (Vieira, 1978), além de atender às necessidades econômicas na substituição das derrubadas das matas naturais que não são impedidas e cuja regeneração é lenta.

A cana-de-açúcar, embora seja uma cultura de retorno econômico rápido, ocupa uma pequena área, ou seja, 1424,8ha (6,5%), ao contrário dos municípios vizinhos, que apresentam grandes áreas cobertas pela cultura canavieira (Barros et al., 1987; Cardoso, 1988).

As coberturas vegetais, cana-de-açúcar e reflorestamento, culturas de alto retorno econômico para o produtor rural, vem ocupando mais de 60% da bacia, mostrando a aptidão da região para pecuária e silvicultura.

As florestas nativas, de maneira geral, ocorrem em pequenas áreas por toda a extensão da bacia, porém, com maior concentração nas áreas com relevo acentuado, onde as condições para mecanização são dificultadas porque o acesso é difícil.

CONCLUSÕES

As imagens obtidas do Sensor TM do LANDSAT 5 permitiram o mapeamento do uso da terra na bacia hidrográfica do rio Capivara - Botucatu e forneceram um banco de dados para a classificação supervisionada do uso da terra e futuros planejamentos, e gerenciamento das atividades regionais. O SIG - IDRISI Selva permitiu constatar e classificar através de seus diferentes módulos para georreferenciamento e classificação digital, as áreas de usos das terras com rapidez. A bacia vem sendo preservado ambientalmente, pois apresenta-se coberto com mais de 20% de floresta nativa, mínimo exigido pelo Código Florestal vigente. A pastagem, principal componente da paisagem da área, devido à predominância de solos

arenosos com baixa fertilidade, predominam em 31,56%, confirmando o domínio da agropecuária.

REFERÊNCIAS

- BARROS, Z.X. de, CARDOSO, L.G., TARGA, L.A. Utilização de fotografias aéreas em ocupação do solo por cobertura vegetal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 16, Jundiaí, 1987. Anais... Jundiaí, IAC/SBEA, 1987.p.598-603.
- BORGONNOVI, M.; CHIARINI, J.V. Cobertura vegetal do Estado de São Paulo. I - Levantamento por fotointerpretação de áreas cobertas com cerrado, cerr.jadão 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.
- CAMPOS, S. 1993. 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: 164f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP.
- CARDOSO, L.G. Comportamento das redes de drenagem em solos com cana-de-açúcar e com eucalipto. Botucatu: UNESP, 1988. 139 p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, 1988.
- CRÓSTA, A.P. Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. Campinas: UNICAMP, 1992. 170p.
- FREITAS FILHO, M.R.; MEDEIROS, J.S. Análise multitemporal da cobertura vegetal em parte da Chapada do Araripe- CE, utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7, São José dos Campos, 1993. Anais... São José dos Campos, INPE, 1993. p.73-80.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cartas do Brasil. Superintendência de Cartografia do Ministério do Planejamento e Coordenação Geral do Brasil. Folha de Botucatu – SP, 1969.
- MARTINS, D. Clima da região de Botucatu. In: ENCONTRO DE ESTUDOS SOBRE A AGROPECUÁRIA NA REGIÃO DE BOTUCATU, 1, 1989, Botucatu. Anais... Botucatu, UNESP, 1989, p.08-19.
- PEREIRA, M. N.; KURKDJIAN, M. L. N. O DE; FORESTI, C. Cobertura e uso da terra através de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1989. 118p.
- 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 Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.
- ROCHA, J.S.M. da. 1986. Manual de interpretação de aerofotogramas. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 58p.
- SANTOS, M.L.M., MATTOS, M.M., PIRES, I.O., BROWN, I.F., ASSIS, W.S. Utilização de imagens de satélite no mapeamento preliminar do uso da terra e na capacitação de agricultores do médio Rio Capim- Paragominas-PA. Brasil. Anais do In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7, São José dos Campos, 1993. Anais... São José dos Campos, INPE, 1993. 15p.
- VIEIRA, N.M. Estudo geomorfológico das voçorocas de Franca, SP. Franca: UNESP, 1978.225p. Tese (Doutorado) – Instituto de História e Serviço Social, Universidade Estadual Paulista, 1978.