

**Imagens orbitais aplicadas na evolução do uso e ocupação da terra de uma microrregião, visando sua sustentabilidade ambiental**

*Orbital images applied in the evolution of the use and occupation of the land of a microrregion, aiming its environmental sustainability*

*Imágenes orbitales aplicadas en la evolución del uso y ocupación de la tierra de una microrregión, visando su sostenibilidad ambiental*

**Sérgio Campos**

Prof. Dr., UNESP, Brasil  
seca@fca.unesp.br

**Felipe de Souza Nogueira Tagliarini**

MSC, UNESP, Brasil  
Felipe\_tagliarini@hotmail.com

**Marcelo Campos**

Prof. Dr., UNESP, Brasil  
marcelocampos@tupa.unesp.br

**RESUMO**

Sistemas de informação geográfica (SIG), juntamente com a técnica de análise multi-critério, permite a padronização e integração de dados, que normalmente vem de várias fontes, permitindo uma avaliação conjunta da mesma, proporcionando mais eficiência e confiabilidade no processo de tomada de decisão para promover a adequação do uso do solo. O presente estudo destinado a analisar a fragilidade ambiental no Ribeirão das Agulhas - Botucatu (SP). O uso de um Sistema de Informação Geográfica para a elaboração de mapas de fragilidade: classes de pedologia, declividade, geologia e uso e ocupação do solo. Os fatores foram integrados e interpolados, onde todos receberam as mesmas variáveis de peso na análise e a sobreposição de estes mapas geraram informações da fragilidade ambiental da microbacia. Os resultados mostraram que a classe de fragilidade ambiental média merece maior atenção, uma vez que representa quase 35% da área, mostrando que mal planejada e se não forem tomadas precauções, essas áreas tendem a ser mais facilmente degradadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Microbacia. Geoprocessamento. Sistema de Informação Geográfica.

**ABSTRACT**

Geographic information systems (GIS), along with the multi-criteria analysis technique, allows the standardization and integration of data, which normally come from several sources, allowing a joint evaluation of the same, providing more efficiency and reliability in the process of making Decision to promote the adequacy of land use. The present study aimed at analyzing the environmental fragility in Ribeirão das Agulhas - Botucatu (SP). The use of a Geographic Information System for the elaboration of fragility maps: classes of pedology, declivity, geology and land use and occupation. The factors were integrated and interpolated, where all received the same weight variables in the analysis and the overlap of these maps generated information on the environmental fragility of the microbasin. The results showed that the average environmental fragility class deserves greater attention, once more attention is given, since it represents almost 35% of the area, showing that poorly planned and if no precautions are taken, these areas tend to be more easily degraded.

**KEYWORDS:** Microbasin. Geoprocessing, Geographic Information System.

**ABSTRACTO**

Los sistemas de información geográfica (SIG), junto con la técnica de análisis multi-criterio, permite la estandarización e integración de datos, que normalmente vienen de varias fuentes, permitiendo una evaluación conjunta de la misma, proporcionando más eficiencia y confiabilidad en el proceso de toma de decisiones Para promover la adecuación del uso del suelo. El presente estudio destinado a analizar la fragilidad ambiental en el Ribeirão das Agulhas - Botucatu (SP). El uso de un Sistema de Información Geográfica para la elaboración de mapas de fragilidad: clases de pedología, declividad, geología y uso y ocupación del suelo. Los factores fueron integrados e interpolados, donde todos recibieron las mismas variables de peso en el análisis y la superposición de estos mapas generaron informaciones de la fragilidad ambiental de la microcuenca. Los resultados mostraron que la clase de fragilidad ambiental media merece mayor atención, una vez que representa casi el 35% del área, mostrando que mal planificada y si no se toman precauciones, esas áreas tienden a ser más fácilmente degradadas

**PALABRAS CLAVE:** Microbacia. Geoprocésamiento, Sistema de Información Geográfica.

## 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.

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

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 tipo de cobertura vegetal nas diferentes partes da superfície terrestre reflete principalmente as condições impostas pelo clima, relevo, solos e atividades antrópicas (POLITANO et al., 1980). O conhecimento dessa ocupação quanto a sua natureza, localização, forma de ocorrência, mudanças ocorridas em determinados períodos são de grande valia para a programação de atividades que visam o desenvolvimento agrícola, econômico e social da região (CAMPOS, 1993).

O levantamento do uso da terra numa dada região é de fundamental importância para a compreensão dos padrões de organização do espaço. Qualquer que seja a organização espacial do uso da terra num dado período, raramente é permanente. Deste modo, há necessidade de atualização constante dos registros de uso da terra, para que as tendências sejam analisadas e utilizadas de forma mais técnica, adequada e racional possível.

O planejamento do uso da terra é muito importante para o meio rural e urbano, visando um aumento do nível sócio-econômico e tecnológico para a região, para isso há necessidade de um planejamento inicial, efetivo e eficiente garantindo assim a manutenção e proteção da microfauna do solo, entre outros.

Para se estruturar e viabilizar um planejamento agrícola e a implementação de uma política agrícola adequada há necessidade de se ter informações confiáveis e atualizadas referentes ao uso e ocupação da terra atual.

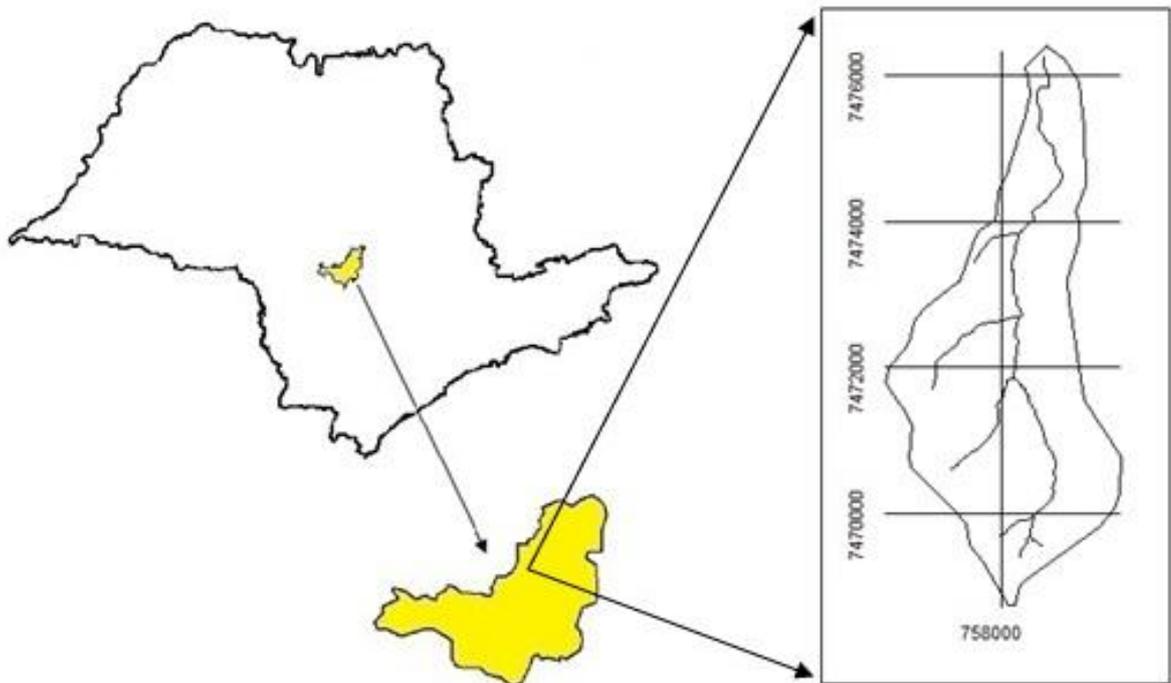
Nesse contexto, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estudar a evolução do uso da terra na microbacia do Ribeirão das Agulhas - Botucatu (SP), no período de 2011 e 2015.

## Material e Métodos

A área de estudo está situada no Município de Botucatu-SP (Figura 1), região Centro-Sul a 232 km da capital do Estado de São Paulo. Está delimitada pelas coordenadas geográficas: 48° 28' 10" a 48° 30' 04" W Gr. De longitude W e 22° 47' 05" a 22° 51' 55" de latitude S, ocupando uma área de 11357,29ha.

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.

**Figura 1.** Localização da microbacia Ribeirão das Agulhas - Botucatu



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 (PIROLI, 2002) são derivados do arenito e do basalto, com o predomínio dos arenitos. Os principais são:

- Latossolos Vermelho-Amarelos distrófico (LVAd). 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 eutrófico (RLe). 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 distrófico (LVd)- com textura argilosa, são solos profundos, bem drenados, 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).

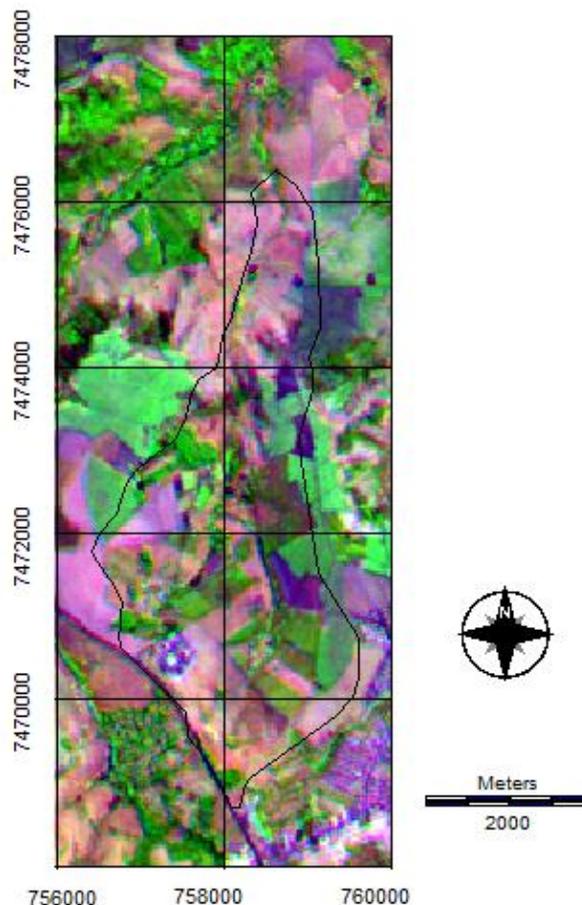
O relevo e a geomorfologia do município de Botucatu caracterizam-se por três regiões fisiográficas distintas denominadas: Depressão Periférica, reverso e *front* da “Cuesta”. As altitudes variam de 650 m a 950 m em relação ao nível do mar.

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). Utilizou-se da carta topográfica de Botucatu, editada em 1969.

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 2011 e do Sensor TM, do LANDSAT 8 de 2015, para elaboração das cartas de uso e ocupação do solo da microbacia. O Sistema de Informações Geográficas - IDRISI Selva foi usado para as análises.

Inicialmente, uma composição falsa cor (Figura 2) 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.

**Figura 2.** Carta imagem da microbacia do Ribeirão das Agulhas – Botucatu (SP) de 2011.



O georreferenciamento da composição falsa cor foi realizado através do módulo Reformat/Resample do SIG – IDRISI, sendo os pontos de controle para o georreferenciamento obtido nas cartas topográficas. Após o georreferenciamento, foi feito o recorte, extraíndo-se

apenas a área da microbacia. As áreas de treinamento foram demarcadas sobre a imagem, buscando-se abranger todas as variações de cada ocupação do solo.

Para o georreferenciamento da imagem digital, dois arquivos de pontos de controle foram utilizados, sendo o primeiro 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*.

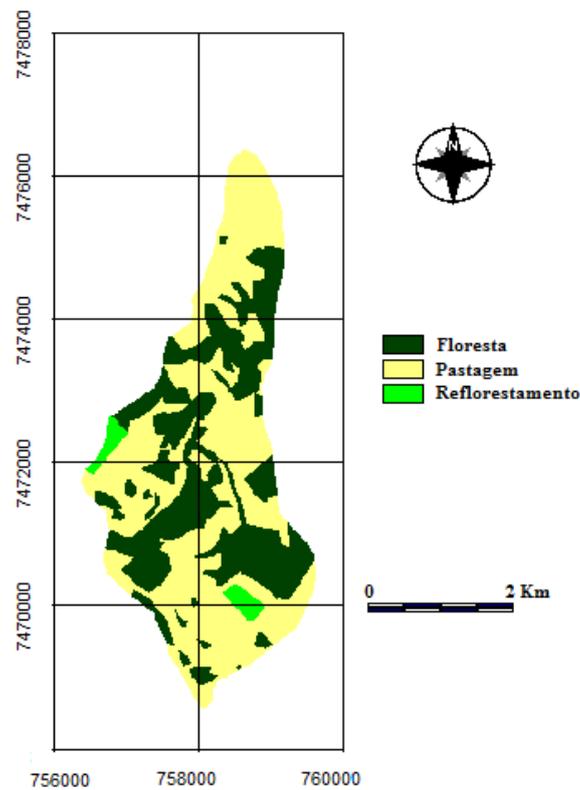
Na classificação supervisionada, as classes de uso da terra foram identificadas e diferenciadas uma das outras pelo seu padrão de resposta espectral. As áreas de treinamento foram delimitadas por polígonos desenhados sobre cada classe de uso da terra na imagem. Em seguida, foram indicadas as assinaturas para cada classe de uso da terra, às quais associaram-se os seus respectivos identificadores. Depois de criado o arquivo de assinaturas para todas as classes, a imagem foi classificada com base nesses dados.

Nesta classificação foram determinadas 4 classes de uso representativas com cana-de-açúcar, reflorestamento, floresta e pastagens. As áreas dos usos e ocupações do solo da microbacia foram determinadas utilizando o comando *Area* do menu *Database Query*, pertencente ao módulo *Analysis* e posteriormente foram determinadas as porcentagens de cada classe.

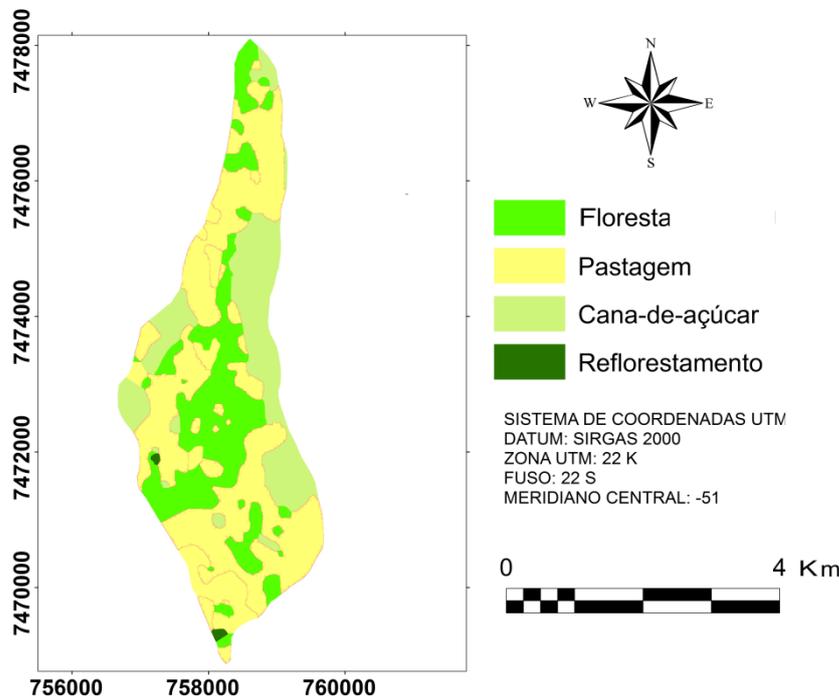
## Resultados e Discussão

O mapa de classificação digital supervisionada (Figuras 3 e 4 e Quadro 1), obtido da imagem de satélite do LANDSAT em 2011, permitiu constatar a existência de 4 classes de uso representativas com cana-de-açúcar, reflorestamento, floresta, e pastagem.

**Figura 3.** Uso e ocupação do solo da microbacia Ribeirão das Agulhas - Botucatu (SP) em 2011.



**Figura 4.** Uso e ocupação do solo da microbacia Ribeirão das Agulhas - Botucatu (SP) em 2015.



**Quadro 1.** Usos das terras constatados no período de 1996 a 1999.

Uso e ocupação do solo	Área em relação a microbacia				Redução (R) ou Ampliação (A)
	2011		2015		
	ha	%	ha	%	%
Cana-de-açúcar	0,00	0,00	295,56	21,78	100,0 (A)
Reflorestamento	33,15	2,44	4,65	0,34	85,97 (R)
Florestas	550,95	40,59	344,16	25,36	37,53 (R)
Pastagem	773,19	56,97	712,92	52,52	7,80 (R)
Total	1357,29	100,00	1357,29	100,00	-

A cana-de-açúcar, seja uma cultura de retorno econômico rápido, vem ocupando mais de 20% da microbacia 21,78% da área atualmente, ou seja, 295,56ha (21,78%), ao contrário dos municípios vizinhos, que apresentam grandes áreas cobertas pela cultura canavieira (BARROS et al., 1987; CARDOSO, 1988).

A cobertura vegetal vem sofrendo modificações constantes com a ação humana, 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 agrônomicas, os solos mais pobres também vêm sendo utilizados para atividades agropecuárias. Este já está ocorrendo na região de Botucatu, onde áreas com floresta, em clima e topografia favoráveis apresentam apenas vestígios da cobertura original, e os cerrados vêm diminuindo progressivamente devido a 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 citros.

Os usos das terras no período estudado permitiram inferir que as pastagens que ocupavam a maior parte da área, com quase 57% do município em 2011, sofreram uma redução, passando a ocupar 52,52% em 2015. Essa redução, provavelmente vem acontecendo por causa do

aumento da área implantada com cana-de-açúcar, que vem ocupando os espaços deixados pelas pastagens.

A única cobertura vegetal que sofreu expansão foi a cana-de-açúcar, por ser uma cultura de alto retorno econômico para o produtor rural, ou seja, aumentara 100% no período estudado. As florestas vêm ocorrendo em pequenas áreas por toda a extensão do município, porém, com maior concentração nas áreas com relevo acentuado, onde as condições para mecanização são dificultadas porque o acesso é difícil. Estas representaram uma redução de 37,53%.

## Conclusão

As imagens obtidas do Sensor TM do LANDSAT 5 e 8 permitiram o mapeamento dos usos das terras de maneira rápida, além de fornecer um excelente banco de dados para futuros planejamentos; o SIG – IDRISI Selva permitiram constatar e classificar através de seus diferentes módulos para georreferenciamento e classificação digital, as áreas de usos das terras com rapidez; a microbacia vem sendo preservada ambientalmente, pois apresenta-se coberto com mais de 20% de vegetação nativa (25,36%), mínimo exigido pelo Código Florestal vigente; a maior porcentagem de ocupação do solo por pastagens reflete a predominância de solos arenosos com baixa fertilidade; as imagens do Sensor TM do satélite LANDSAT 5 e 8 forneceram um excelente banco de dados para a classificação supervisionada do uso da terra; os dados obtidos podem servir de subsídios para futuros planejamentos e gerenciamento das atividades agropecuárias regionais; a pastagem, principal componente da paisagem da área vem predominando em mais de 50% da microbacia, confirmando o domínio da agropecuária.

## Referências Bibliográficas

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.

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: UNESP, 1993. 164p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, 1993.

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.

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.

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.

POLITANO, W.; CORSINI, P.C., VASQUES, J.G. Ocupação do solo no município de Jaboticabal - SP. **Científica**, São Paulo - SP, v.8,n.1/2, p.27-34,1980.

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.