



GEOPROCESSAMENTO APLICADO NA ESPACIALIZAÇÃO DA CAPACIDADE DE USO DO SOLO EM UMA ÁREA DE IMPORTÂNCIA AGRÍCOLA

Gabriel Rondina Pupo Silveira¹, Sérgio Campos², Aline Kuramoto Gonçalves³, Zacarias Xavier Barros⁴ & Ronaldo Alberto Pollo⁵

RESUMO: O trabalho visou obter o mapeamento das classes de declive e de solos da microbacia do Ribeirão Santo Antônio/São Manuel (SP), para posteriormente ser gerado o mapa de capacidade de uso das terras, com o intuito de avaliar a utilização dos solos presentes, respeitando suas limitações. Desta forma, pode-se detectar áreas que estão sendo utilizadas de maneira inadequada e que merecem maior atenção e cuidado por parte dos proprietários e do poder público, no sentido de proteger ou recuperar os recursos naturais existentes. Os resultados obtidos demonstram a integração das ferramentas de geoprocessamento, que facilitam a coleta e processamento dos dados, melhoram o resultado final por permitir o armazenamento digital, além de facilitar o trabalho no caso de necessidade de alterações nas bases de dados. As classes de declive ocorrentes na microbacia mostraram que áreas planas (declive de 0 a 3%), suavemente onduladas (declive de 3 a 6%) e forte ondulado (declive de 12 a 20%), representam 4059,1ha (94,7%) da área da bacia hidrográfica. O solo mais significativo encontrado na área é o Latossolo Vermelho, com 3306,7ha (77,1%). O mapa de capacidade de uso das terras mostrou o grande potencial do solo, e a necessidade dos princípios conservacionistas.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema de informação geográfica, classes de declive, conservação do solo.

GIS APPLIED IN LAND USE CAPACITY SPATIALIZATION ON AREA OF AGRICULTURAL IMPORTANCE

ABSTRACT: This study aimed to obtain the map of slope classes and soils of Stream Santo Antonio watershed in the Sao Manuel, Sao Paulo state, to generate the map of land use capacity, and to assess the present land use, respecting their limitations. It was possible to detect areas that are being use and need greater attention and care by the owners and the government, to protect or restore the natural resources. The results obtained demonstrate that the integration of GIS tools facilitate the collection and processing of data, improve the result by allowing digital storage, facilitating the work in case of need for changes in database. The slope classes found in the watershed are flat areas (0 to 3 %), gently rolling (3 to 6 %) and a strong corrugated (12 to 20 %) represent 4059.2 ha (94.7%) of the watershed. The most significant soil found in the area is Red Latosol (Oxisol) with 3306.69 ha (77.1%). The map of soil use capacity showed the great potential of the soil, and the required conservation of resources.

KEYWORDS: Geographic information system, slope classes, soil conservation.

1 INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais, como o uso inadequado do solo, a erosão do solo, assoreamento e poluição dos rios e córregos, afetam a saúde dos animais e da humanidade, causando problemas de disponibilidade de água e queda dos níveis de produção agropecuária, comprometendo a economia global e a qualidade de vida da população (TORRES; FABIAN, 2006).

Segundo Soares et al. (2010) e Campos et al. (2013), a utilização indiscriminada do solo, sem manejo e planejamento adequado do uso da terra, sem levar em conta suas características físico-químicas e condições de relevo torna-o improdutivo em curto espaço de tempo,

com prejuízos irrecuperáveis e sérios danos ao meio-ambiente e às populações regionais que dependem diretamente do cultivo destas terras.

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

^{1, 2, 3, 4 e 5} FCA/UNESP/Botucatu. Departamento de Engenharia Rural. E-mails: gabrielrondina@hotmail.com; seca@fca.unesp.br; aline587@gmail.com; zacariasxb@fca.unesp.br; rapollo@fca.unesp.br

diminuída ao longo dessas áreas, principalmente das áreas de preservação permanente.

Dentro da gestão ambiental, uma das principais dificuldades com que se tem de frontado 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 bacias hidrográficas.

A aplicação da tecnologia de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) facilita o monitoramento do uso do solo, pois técnicas relativamente simples podem fornecer informações que permite a avaliação pontual e temporal, reparação e readequação dos usos, a um custo aceitável, sendo assim. Uma questão importante na adoção das técnicas de SIG para o planejamento do uso do solo é a atividade agrícola (PELEGRIN, 2001).

Dessa forma, o presente trabalho visou à utilização de ferramentas de geoprocessamento para o levantamento da ocupação agrícola e florestal, das classes de declive, das unidades de solo e a elaboração do mapa de classes de capacidade de uso das terras, bem como a verificação da adequação da ocupação de acordo com cada classe de capacidade de uso da microbacia do Ribeirão Santo Antônio, São Manuel - SP, buscando contribuir para futuras fiscalizações ambientais e melhoria desta situação, bem como para o aumento dos conhecimentos básicos acerca da terra e sua utilização.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A microbacia do Ribeirão Santo Antônio está situada no município de São Manuel - SP e possui uma área de 4286,2ha. Sua situação geográfica é definida pelas coordenadas: 22° 31' 52" a 22° 38' 20" de latitude S e 48° 33' 40" a 48° 38' 47" de longitude WGr. O clima da região é do tipo Aw conforme classificação de Köppen sendo: clima tropical com estação seca de inverno (meses de junho/julho/agosto) e chuvas predominantes no verão, temperatura média anual de 20,8 °C e precipitação média anual de 1464,8 mm, com altitude de 700 metros (CEPAGRI, 2014).

Os NITOSSOLOS VERMELHOS (NV) que são solos com matiz 2,5 YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (exclusive BA). As principais limitações desses solos se relacionam com a erodibilidade relativamente alta, sendo, por isso, comum ocorrer erosão acentuada nas áreas inadequadamente utilizadas. São solos com discreto aumento de argila em profundidade, apresentando, apesar de argilosos, boa drenagem interna, apresentam expressiva capacidade de adsorção de fósforo. Tal fato pode ser de importância na planificação de emprego de insumos em áreas porventura ainda não agricultadas. Eles apresentam espessa zona de aeração o que os qualifica, quando o declive não é superior a 10%, como adequados para aterros sanitários e outras formas de deposição de

resíduos, apesar da baixa atividade da fração coloidal. Esses solos apresentam bom potencial agrícola.

Os LATOSSOLOS Vermelhos (LV) são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico, imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm, se o horizonte A apresenta mais de 150 cm de espessura. Os LV com matiz 5 YR ou mais vermelhos ou mais amarelos que 2,5 YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B, com boas propriedades físicas e situados, na maioria dos casos, em relevo favorável ao uso intensivo de máquinas agrícolas, exceção daqueles situados nas regiões serranas. Apresentam excepcional porosidade total sendo comuns valores de 50-60%, com boa drenagem interna, mesmo em textura argilosa, baixa disponibilidade de nutrientes nos solos distróficos e à toxicidade por Al^{3+} devido ao elevado teor em óxidos de ferro, apresentam expressiva capacidade de adsorção de fósforo. A elevada quantidade de areias determina também uma retenção de água relativamente baixa, sendo solos que secam rapidamente após chuva ou irrigação; assim, nos períodos de veranico, apresentam maior possibilidade de estresse hídrico do que solos de textura menos grosseira, a baixa atividade das argilas confere-lhes diminuta expansibilidade e contratibilidade qualificando, os de textura argilosa, como excelente material para piso de estradas.

Os pontos de controle (coordenadas) para o georreferenciamento e os pontos de máxima altitude para digitalização do limite da bacia hidrográfica tiveram como base a Carta Planialtimétrica em formato digital, editada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (1973), folha de São Manuel (SF-22-Z-B-V-2), em escala 1:50.000, com distância vertical entre curvas de nível de 20 m, e a 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 24/11/2011, escala 1:50000.

Para entrada das informações analógicas como limite da bacia hidrográfica e áreas de cobertura vegetal foram utilizados o Scanner Genius Vivid Pro II.

O Sistema de Informações Geográficas - IDRISI Selva (EASTMAN, 1998) foi usado no processamento das informações georreferenciadas, na conversão dos dados vetoriais em imagem raster e na elaboração do mapa final do uso da terra.

O programa CartaLinx foi utilizado na digitalização do limite da bacia hidrográfica, rede de drenagem e áreas de cobertura vegetal, obtidas através de imagens de satélite.

O estudo da capacidade de uso da terra da microbacia (Figura 1 e Tabelas 1 e 2) foi feito a partir da metodologia proposta por LEPSCH et al. (1991), através do cruzamento dos mapas de declividade e de solos (PIROLI, 2002), utilizando-se da tabela de julgamento de classes de capacidade de uso (Tabelas 1 e 2),

elaborada conforme França (1963), Lepsch et al. (1983) e Zimback e Rodrigues (1993). Após a avaliação através da Tabela de julgamento, reclassificou-se através do módulo *reclass* do IDRISI Selva, todas as áreas com as

mesmas características, agrupando-as em um mesmo identificador. Obtendo-se assim, o mapa de capacidade de uso das terras da microbacia, com cinco subclasses.



Figura 1 - Fluxograma metodológico de obtenção do mapa de capacidade de uso da área.

Tabela 1 - Tabela de julgamento para determinação das classes e subclasses de capacidade de uso pelos critérios de julgamento (ZIMBACK; RODRIGUES, 1993).

Limitação	Critérios	Classes de capacidade de uso							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Fertilidade Aparente	Muito alta	X							
	Alta	X							
	Média		X						
	Baixa			X					
	Muito Baixa						X		
Profundidade Efetiva	> 200cm	X							
	100 – 200cm	X							
	50 – 100cm		X						
	25 – 50cm				X				
Permeabilidade e Drenagem	< 50cm						X		
	Excessiva		X						
	Boa	X							
	Moderada		X						
Deflúvio	Pobre			X					
	Muito pobre					X			
	Muito rápido				X				
	Rápido			X					
Pedregosidade	Moderado		X						
	Lento	X							
	Muito lento		X						
	Sem pedras	X							
Risco de Inundação	< 1%		X						
	1 – 10%			X					
	10 – 30%				X				
	30 – 50%						X		
Declividade	>50%							X	
	Sem risco	X							
	Ocasional			X					
	Frequente					X			
Erosão Laminar	Muito frequente								X
	0 a 3%	X							
	3 a 6%		X						
	6 a 12%			X					
	12 a 20%				X				
Erosão em	20 a 40%						X		
	> 40%							X	
	Não aparente	X							
	Ligeira		X						
	Moderada			X					
Erosão em	Severa						X		
	Muito severa							X	
	Extrem.severa								X
Erosão em	Não aparente	X							
	Ocasionais		X						

permanentes, ou seja, com declividade variando de 0 a 20%.

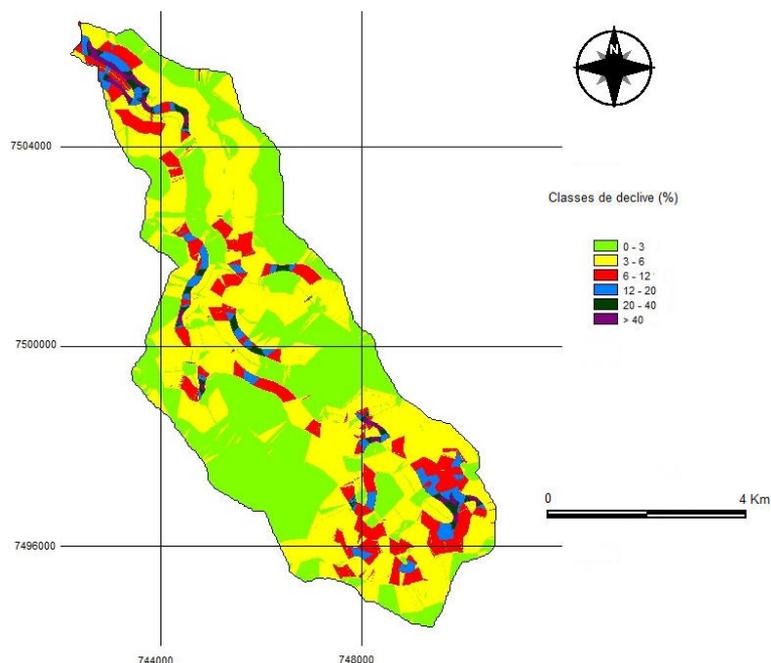


Figura 2 - Carta clinográfica da microbacia do Ribeirão Santo Antônio – São Manuel (SP).

Tabela 3 - Classes de declive ocorrentes na microbacia do Ribeirão Santo Antônio – São Manuel (SP).

Classes de Declive (%)	Área	
	ha	%
0 a 3	1703,5	39,7
3 a 6	1893,5	44,2
6 a 12	462,1	10,8
12 a 20	140,8	3,3
20 a 40	46,8	1,1
> 40	39,5	0,9
TOTAL	4286,2	100

A alta fertilidade (Figura 3 e Tabela 4) predominante nos solos da microbacia, apresentando solos do tipo Latossolo Vermelho (LV) com 77,1% (3306,7ha) e Nitossolo Vermelho (NV) com 22,9% (979,5ha).

A classe de solo que apresentou maior cobertura foi o Latossolo Vermelho (LV). Esta classe apresenta uma distribuição bastante homogênea pela microbacia, correspondendo a 77% da área total. O solo Nitossolo Vermelho (NV), a classe de maior fertilidade apresentou 23% da área, sendo encontrada principalmente a região nordeste da microbacia.

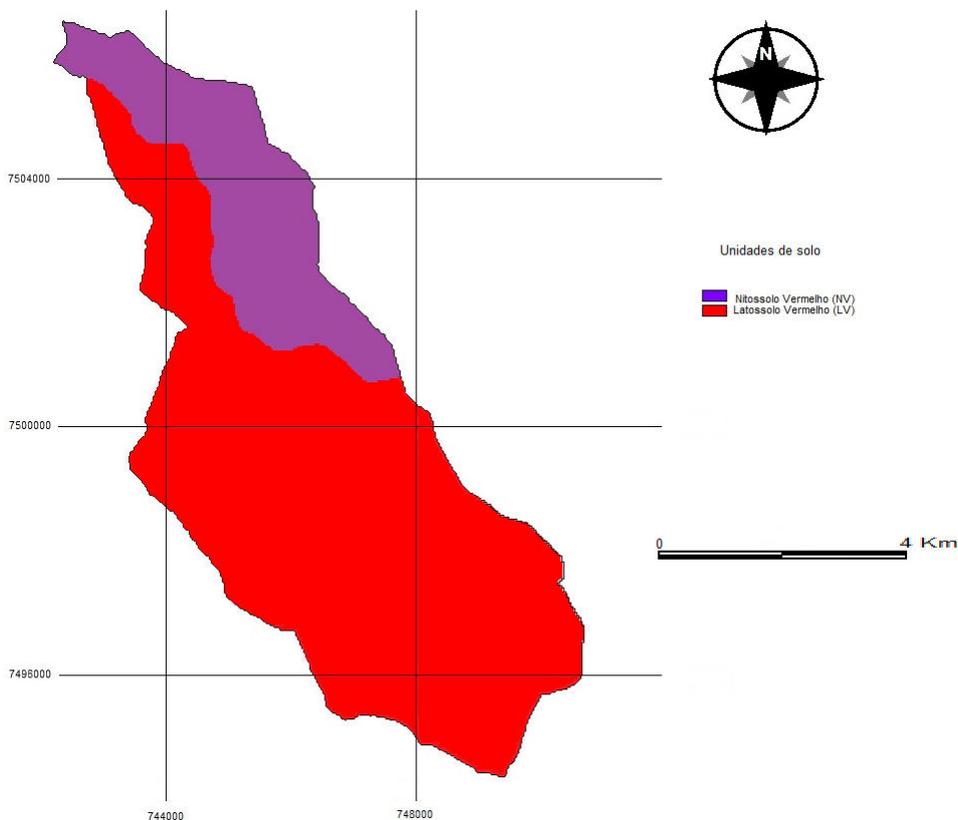


Figura 3 - Unidades de solo encontradas na microbacia do Ribeirão Santo Antônio – São Manuel (SP).

Tabela 4 - Unidades de solo ocorrentes na microbacia do Ribeirão Santo Antônio – São Manuel (SP).

Tipo de Solo		Área	
		ha	%
Nitossolo Vermelho	NV	9979,5	22,9
Latossolo Vermelho	LV	3306,7	77,1
Total		4286,2	100

Com base nos resultados do levantamento de solos e das classes de declive, passou-se à execução do levantamento das classes de capacidade de uso da terra da microbacia do Ribeirão Santo Antônio.

A classificação das classes e subclasses foi baseada na Tabela de julgamento para determinação das classes e subclasses de capacidade de uso pelos critérios de julgamento (Tabela 1) e na tabela de Limitações de uso para definição das subclasses (Tabela 2), sendo resultado

do cruzamento entre as classes de solo, com suas diferentes declividades.

Após a avaliação através da Tabela de julgamento anterior, reclassificou-se através do módulo *reclass* do IDRISI SELVA, todas as áreas com as mesmas características, agrupando-as em um mesmo identificador. Obtendo-se assim, o mapa de capacidade de uso das terras da microbacia, com cinco subclasses (Figura 4 e Tabela 5).

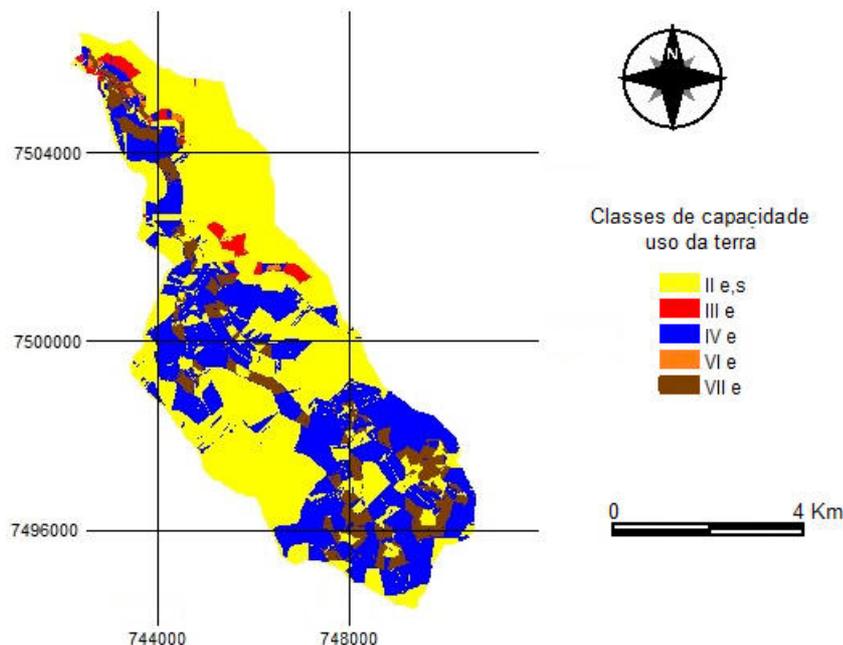


Figura 4 - Distribuição das classes de capacidade de uso da terra na microbacia do Ribeirão Santo Antônio /São Manuel (SP).

Tabela 5 - Área e percentual por cada classe de capacidade de uso da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio – São Manuel (SP).

Classes de Capacidade	Área	
	Há	%
Ile,s	2259,7	52,7
IIIe	82,2	1,9
IVe	1507,2	35,2
VIe	17,6	0,4
VIIe	419,5	9,8
TOTAL	4286,2	100

A análise das subclasses IIe,s e IVe (Figura 4 e da Tabela 5) permitiu constatar que estas predominaram em 87,9% (3766,9 ha). Na subclasse IIe,s, que engloba 2259,7 há (52,7%) da área da microbacia, estão localizados os solos que apresentam problemas de erosão e de solo, necessitando de manutenção frequente e ou melhoramento das suas condições físicas (como exemplo, pode citar rotação de culturas de preferência com raízes profundas ou que reponha uma grande quantidade de matéria orgânica). Como conservação, estes solos requerem plantio direto (sem aração); plantio e cultivo em nível; culturas em faixas (rotação, retenção ou as duas conjugadas); terraço de base larga, de preferência em nível (em caso de declives longos); canais de divergência (desvio de água de áreas situadas imediatamente a montante); manutenção dos canais de

divergência e terraços; e aplicação de fertilizantes e corretivos.

A subclasse IVe, que engloba 35,2% da área da microbacia, ou seja 1507,2 ha, pode-se constatar problemas de erosão, sendo que esta categoria estão as terras que apresentam riscos ou limitações permanentes muito severas quando usadas para culturas anuais, necessitando de práticas que melhorem as condições físicas do solo (rotação de culturas e incorporação de matéria orgânica), como rompimento de camadas compactadas para aumentar a profundidade efetiva do solo (escarificação e subsolagem); remoção de pedras; correção da alcalinidade ou salinidade e terraços; adubação e calagem; conservação da umidade.

A subclasse VIIe, que representa 9,8% (419,5ha) da área da microbacia, deve ser observada, porque nesta categoria estão as terras que, por serem sujeitas a muitas limitações permanentes, além de serem impróprias para lavouras, apresentam severas limitações, mesmo para certas culturas permanentes protetoras do solo, sendo seu uso restrito para pastagem e reflorestamento com cuidados especiais.

O objetivo do trabalho foi eficientemente alcançado no levantamento das classes de capacidade de uso, sendo que as classes de capacidade de uso II e IV, divididas nas subclasses IIe,s e IVe; ocuparam 87,9% da área total da microbacia, mostrando o grande potencial de uso para culturas anuais, perenes, pastagens e ou reflorestamentos, quando respeitadas as suas limitações significativas na microbacia.

Segundo os levantamentos de declividade da área, a classe de declive de 3 a 6% (suavemente ondulado) foi a mais significativa na área, com 1883,4 ha (44,2%), mostrando o potencial agrícola mecanizável da área.

4 CONCLUSÕES

A metodologia permitiu concluir que a classe de declive de 3 a 6% (suavemente ondulado) foi a mais significativa na microbacia do Ribeirão Santo Antônio – São Manuel (SP) com 1883,4ha (44,2%) e que a unidade de solo Latossolo Vermelho ocorreu em 77,1% da microbacia com 3306,7 ha. As classes de declive de

0 a 12% ocorrem em 4059,16ha (94,7%) da microbacia, sendo as áreas com relevo suavemente ondulado (3 a 6% de declividade) as mais representativas, bem como a subclasse de capacidade de uso IIe,s foi a mais significativa representando mais de 50% da área, mostrando o grande potencial agrônomo da área.

A imagem de satélite e os sistemas de informações geográficas demonstraram ser excelentes ferramentas, em função da facilidade e rapidez para o mapeamento, e, dessa forma, permitiram subsidiar na elaboração de mapas digitais, fornecendo resultados confiáveis em um pequeno intervalo de tempo, que poderão ser utilizados para futuros planejamentos da área, respeitando a conservação do meio ambiente.

5 REFERÊNCIAS

CAMPOS, S.; PISSARRA, T. C. T. ; MASHIKI, M. Y.; MILESKI, M. M. ; SIERVO, M.; SILVEIRA, G. R. P. Adequação das terras da bacia do Rio Capivara, Botucatu, SP, Brasil, visando sua sustentabilidade ambiental. **UNOPAR Científica. Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 12, p. 79-86, 2013.

CEPAGRI. Unicamp. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura. **Clima dos municípios paulistas**. Disponível em: <<http://www> [http://www.cpa.unicamp.br/outras-](http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_563.html)

[informacoes/clima_muni_563.html](http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_563.html)>. Acesso em: 10 out. 2014.

CHIARINI, J. V.; DONZELLI, P. L. Levantamento por fotointerpretação das classes de capacidade de uso das terras do estado de São Paulo. **Boletim do Instituto Agrônomo de Campinas**, Campinas, n. 3, p. 1-20, 1973.

EASTMAN, J. R. **IDRISI for Windows**: introdução e exercícios tutoriais. Editores de versão em português, Heinrich Hasenack e Eliseu Weber. Porto Alegre: UFRGS, Centro de Recursos Idrisi, 1998. 245 p.

FILADELFO JUNIOR, W. S. ;CAMPOS, S. ;PIROLI, E. L.; CARDOSO, L. G.; BARROS, Z. X. Uso atual das terras da bacia hidrográfica do Ribeirão Água Fria - Bofete (SP), obtido por Sistema de Informações Geográficas. **Irriga**, Botucatu, v. 6, n. 1, p. 63-72, 2001.

FRANÇA, G. V. A classificação de terras de acordo com sua capacidade de uso como base para um programa de conservação de solos. In: CONGRESSO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE SOLOS, 1., 1960, Campinas. **Anais...** São Paulo: Secretaria da Agricultura/DEMA, 1963. p. 399-408

IBGE. **Carta topográfica**: São Manuel (SF-22-Z-B-V-2). Serviço Gráfico do IBGE, 1973. Escala 1:50.000.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175 p.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; BERTOLINI, D.; ESPINDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. 175 p.

PELEGRIN, L. A. **Técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicadas ao mapeamento do uso do solo**: a Bacia do Rio Pará como um exemplo. 2001. 109 f. Dissertação (Mestrado em Análise Espacial)-Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais/MG, 2001.

PIROLI, E. L. **Geoprocessamento na determinação da capacidade e avaliação do uso da terra do município de Botucatu, SP**. Botucatu, 2002. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.

SOARES, M. C. E.; CAMPOS, S.; CAVASINI, R.; GRANATO, M.; MASHIKI, M.Y.; RUGGIERO, J. Delimitação e caracterização de áreas de preservação permanente por meio de SIG. In: CONGRESSO ITEANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2., 2010,

Botucatu. **Anais...** Botucatu: Instituição Toledo de Ensino, 2010.

TORRES, J. L. R.; FABIAN, A. J. Levantamento topográfico e caracterização da paisagem para planejamento conservacionista de uma microbacia hidrográfica de Uberaba. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 6, n. 19, p. 150-159, out./2006.

ZIMBACK, C. R. L.; RODRIGUES, R. M. **Determinação da capacidade de uso das terras da Fazenda Experimental São Manuel/UNESP**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, 1993. p. 83 (Mimeogr.).