

MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA DE IMAGENS DE SATÉLITE APLICADAS NO MAPEAMENTO DO USO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SANTO ANTÔNIO, SÃO MANUEL/SP

RESUMO

Este estudo teve como objetivo comparar a eficiência dos métodos de classificação de imagens digitais, utilizando técnicas de geoprocessamento. A área de estudo está localizada na bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, em São Manuel, São Paulo, Brasil. Para isso, foram utilizadas as técnicas de contidas no Sistema de Informação Geográfica (SIG) - IDRISI, juntamente com o uso de mapas digitais, publicado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, na escala 1: 50.000 e imagens de satélite LANDSAT - 8 (2014) do sensor *Operational Land Imager (OLI)*, obtidas pelo Glovis. Assim observo- se resultados da avaliação da precisão da classificação foram o que a classificação paralelepípedo foi ruim e do MaxVer foi regular, de acordo com as classificações algoritmo , com kappa 0,2242 e 0,3322 , respectivamente . Os métodos utilizados na discriminação das áreas cultivadas com diferentes estágios de plantio da cana- de – açúcar influenciaram na reflectância de outras classes.

Palavras- chave: Geoprocessamento; Sensoriamento Remoto; Bacia Hidrográfica.

ABSTRACT

This study aimed to compare the efficiency of methods of classification of orbital images using GIS techniques..The study area is located in the watershed Ribeirão Santo Antônio in São Manuel, São Paulo, Brazil.For this, we used the GIS techniques, and the integration of information held in the Geographic Information System (GIS) - IDRISI, coupled with the use of digital maps, published by the Brazilian Institute of Geography and Statistics - IBGE, scale 1: 50,000 and satellite images LANDSAT - 8 (2014) *Operational Land Imager (OLI)*, provided by Glovis. It noted the evaluation results of the classification accuracy were satisfactory, which the PARALELEPIPEDO classification had low quality and good the MAXVER algorithm ratings, with kappa 0.2242 and 0.3322 for respectively. The methods used in the discrimination of areas cultivated with sugar cane howed different efficiencies in the images classification than influenced by the reflectance of other classes.

Keyword: Geoprocessing; remote sensing; watershed

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo comparar la eficiencia de los métodos de clasificación de imágenes digitales, utilizando técnicas de geoprosesamiento. El área de estudio se encuentra en la cuenca de Ribeirao Santo Antonio, San Manuel, São Paulo, Brasil. Para ello, se utilizaron las técnicas contenidas en el Sistema de Información Geográfica (SIG) - IDRISI, junto con el uso de mapas digitales, publicado por el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística - IBGE, escala 1: 50.000 y las imágenes de satélite Landsat - 8 (2014) del sensor Operational Land Imager (OLI), obtenido por el Glovis. Así observo- si la precisión de la clasificación de los resultados de la evaluación fueron la calificación paralelepípedo fue pobre y el MaxVer estaba programado de conformidad con puntuaciones algoritmo, con kappa 0,2242 y 0,3322, respectivamente. Los métodos utilizados en la ruptura de las áreas cultivadas con caña de azúcar de las diferentes etapas de siembra - azúcar influyeron en la reflectancia de otras clases.

Palabra Clave: Geoprosesamiento; teledetección; cuenca

Aline Kuramoto Gonçalves

Geógrafa Mestranda Mestrando em
Agronomia, UNESP/FCA- Botucatu- SP.
Email:aline587@gmail.com

Gabriel Rondia Pupo Da Silveira

Engº Agrônomo Mestrando em
Agronomia, UNESP/FCA- Botucatu-
SP. Email:
gabrielrondina@hotmail.com

Zacarias Xavier De Barros

Engº Agrônomo , Professor do
Depto. de Eng. Rural,
UNESP/FCA, Botucatu-SP. E-
mail: zacariasxb@fca.unesp.br

Sergio Campos

Engº Agrônomo , Professor do
Depto. de Eng. Rural,
UNESP/FCA, Botucatu-SP. E-
mail:seca@fca.unesp.br

INTRODUÇÃO

Em meio à necessidade de desenvolvimento de técnicas e tecnologias para o monitoramento dos recursos naturais temos os sistemas de sensoriamento remotos disponíveis como as fotografias aéreas e as imagens de satélites que são ferramentas muito utilizadas atualmente para esse monitoramento. De acordo com Novo (1989), o Sensoriamento Remoto pode ser definido como sendo a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento e transmissão de dados, aeronaves e espaçonaves, objetivando o estudo das interações no ambiente terrestre, entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas diversas manifestações, sem a ocorrência do contato físico direto.

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 e a identificação, além da quantificação dos usos da terra em uma bacia hidrográfica, sendo assim fonte de dados para informações básicas que irão assegurar a preservação ambiental, o manejo e a conservação e a recuperação dessa unidade territorial.

Os principais elementos que integram uma bacia hidrográfica são a água, o solo, as espécies vegetais e animais, os quais coexistem em uma interação permanente e dinâmica, de forma que as interferências naturais (intemperismo e modelagem da paisagem) e antrópicas (uso e cobertura da terra) os afetam como um todo. Nessas unidades naturais, os recursos hídricos consistem em indicadores das condições dos ecossistemas em relação aos efeitos do desequilíbrio das interações entre seus componentes. Por tais razões, as bacias hidrográficas vêm se consolidando como unidade geográfica de planejamento do uso e ocupação das terras, tanto no meio rural quanto urbano, visando o desenvolvimento sustentado no qual se compatibilizam atividades econômicas com preservação ambiental (SOUZA; FERNANDES, 2000).

Pirolí et. al., (2002) tratam que o Sistema de Informações Geográficas (SIG), por meio dos seus diferentes módulos, permite a elaboração das diversas análises necessárias para o conhecimento da ocupação atual das terras na bacia hidrográfica, e que a imagem do sensor *Operational Land Imager (OLI)* do satélite Landsat fornece uma boa base de dados que, apesar de sua pouca resolução, atende às necessidades exigidas para trabalhos desta natureza, devido à rapidez com que as informações podem ser analisadas e a amplitude do espaço físico alcançado.

As imagens da série Landsat (1, 2, 3, 5 e 8) contribuirão sobremaneira para elaboração de pesquisas com relação aos recursos naturais da terra, bem como o uso e ocupação. (PIROLI; ZANATA, 2013)

Ao mesmo tempo, durante os anos é crescente a utilização cada vez mais intensa, com o avanço e o domínio de técnicas juntamente com equipamentos e sensores, de geoprocessamento para aplicação em SIG para a divulgação de resultados de pesquisas sobre a importância do detalhamento de informações dos recursos naturais.

Neste contexto, o presente trabalho tem o objetivo de comparar a eficiência de métodos de classificação supervisionada de imagens orbitais na bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, município de São Manuel/ São Paulo, em uma área muito agricultável, utilizando técnicas de geoprocessamento visando o uso e ocupação do solo e também usando análise de exatidão por meio do índice Kappa, apresentando vantagens e desvantagens das classificações.

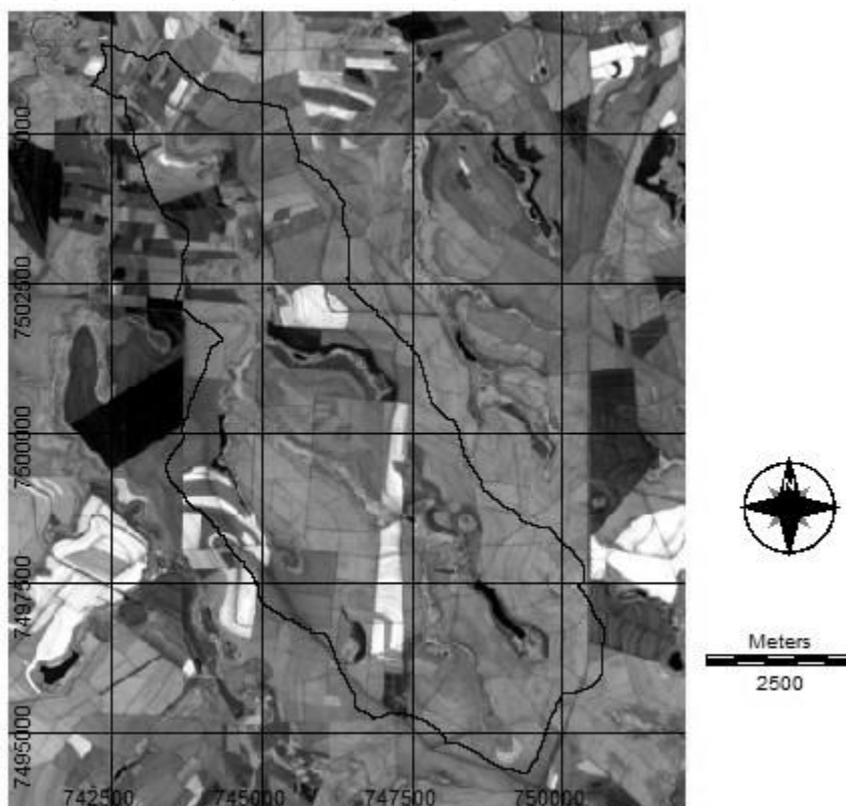
MATERIAL E MÉTODO

Localização da Área de Estudo

A bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, situa-se no município de São Manuel, com área total de 4286,15 ha, e sua localização geográfica é definida pelas coordenadas: Latitude 22°31'52'' a 22°38'20'' S e Longitude 48°33'40'' a 48°28'47'' WGr.

O clima predominante do município, classificado segundo o sistema Köppen é do tipo Cwa – Clima subtropical úmido com invernos secos verões quentes – em que a temperatura do mês mais frio é inferior a 18°C e do mês mais quente ultrapassa os 22°C.

Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica Santo Antônio



MATERIAIS

Utilizou-se, para a elaboração deste trabalho, o SIG (Sistema de Informações Geográficas), *softwares* Idrisi versão Selva e a ferramenta de desenho, Carta Linx. A base de dados para a realização dos mapas foi composta pela 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 de 1:50.000 e imagem de satélite digital, bandas 3,4 e 5 do sensor *Thematic Mapper* do LANDSAT-8, da órbita 220, ponto 76, quadrante A, passagem de 2014, escala 1:50.000.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Utilizando o SIG-Idrisi Selva foi possível georreferenciar todas as bases, carta e imagem, no sistema UTM (Universal Transversa de Mercador), Datum Córrego

Alegre. 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*.

Os dados vetoriais da bacia em estudo foram gerados, no software CartaLinx, à partir da carta planialtimétrica georreferenciada.

Na sequência, foi elaborada uma composição colorida, com a combinação das bandas 3, 4 e 5, obtidas a partir da imagem de satélite digital LANDSAT-8, pois este apresenta uma boa discriminação visual dos alvos, possibilitando a identificação dos padrões de uso da terra de maneira lógica. A seguir, foi realizado o georreferenciamento da composição da imagem de satélite, utilizando-se para isso o módulo *Reformat/Resample* do SIG – IDRISI, sendo os pontos de controle obtidos à partir da carta planialtimétricas do IBGE (1969), já georreferenciada previamente. Após o georreferenciamento, foi feito o corte, extraindo-se apenas a área da bacia, por meio do módulo *Window*.

Posteriormente, demarcou-se as áreas de treinamento sobre a imagem, sendo que estas áreas foram demarcadas sobre grande número de locais, buscando-se abranger todas as variações referentes à cada ocupação do solo.

A partir da identificação dos usos foram criadas as classificações supervisionadas dos tipos de usos do solo, de acordo com os padrões de respostar espectral dos elementos utilizados.

A classificação digital de imagens refere-se à interpretação de imagens de sensoriamento remoto, auxiliada por computador (EASTMAN, 2006). O objetivo da classificação de imagens em sensoriamento remoto é identificar as feições na imagem, isto é, traduzir os diversos padrões de energia eletromagnética refletida em classes de cobertura terrestre (LILLESAND e KIEFER, 1994 apud BARBOSA, 2009, p.47).

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 por meio da verdade terrestre 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.

Dentre os métodos de classificações supervisionadas, foram aplicadas na bacia hidrográfica em estudo: Máxima Verossimilhança (MAXVER) e Paralelepípedo.

Contudo, para demonstrar a exatidão de mapas temáticos, são determinados por meio do parâmetro Kappa (k), fundamento em critérios da análise multivariada, e que representa uma medida de concordância entre o mapa gerado e a referência que se tem adotado para a estimativa da exatidão (BARBOSA, 2009, p.52).

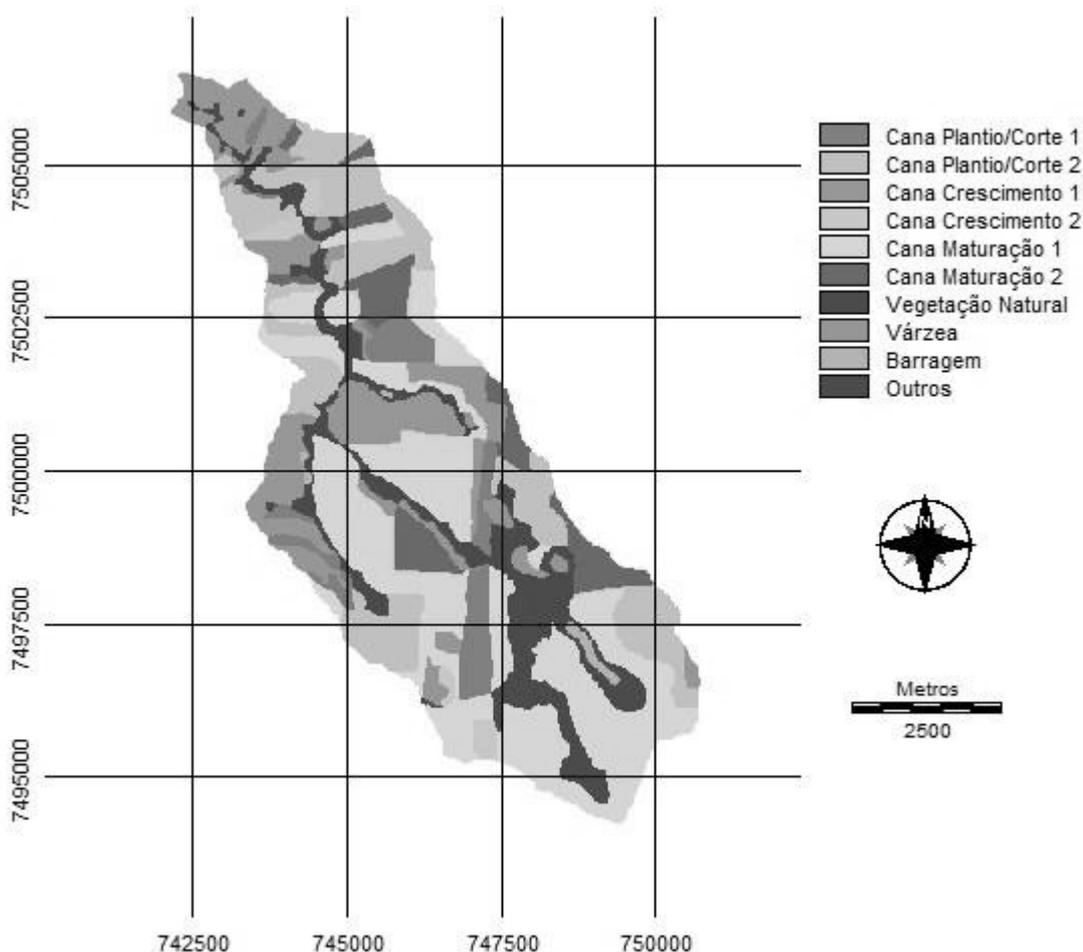
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta fase, as imagens foram preparadas para o procedimento sugerido por Eastman (1998) e por Simões (2001), no qual consiste na geração de pontos de amostragem aleatoriamente estratificados, através do módulo *Sample*.

Os usos e ocupação da terra, no pixel referente a cada ponto, foram identificados e digitalizados, sendo criado a seguir um arquivo de valores relacionando aos pontos amostrais da verdade terrestre, por meio de interpretação visual das feições

na imagem das bandas. Após a digitalização o arquivo foi associado e gerou uma imagem *raster* com a verdade terrestre.

Figura 2. Mapa referente à verdade terrestre do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio.



As categorias utilizadas para a classificação do uso do solo neste trabalho foram divididas em: Cana Plantio/Corte 1 e Cana Plantio/ Corte 2 (sendo estes relacionados ao estágios iniciais do ciclo da cultura da cana-de-açúcar); Cana crescimento 1 e Cana crescimento 2 (relativos às etapas de crescimento da cana-de-açúcar, anteriormente à sua maturação); Cana maturação 1 e Cana maturação 2 (etapas anteriores ao processo de colheita); Vegetação Natural; Várzea; Barragem e Outros.

A classificação supervisionada é o procedimento utilizado no sensoriamento remoto para quantificar os dados da imagem de satélite. Neste processo os pixels da imagem em uma imagem de forma a representar tipos específicos de cobertura terrestre, ou classes que são conhecidas a priori (BARBOSA, 2009).

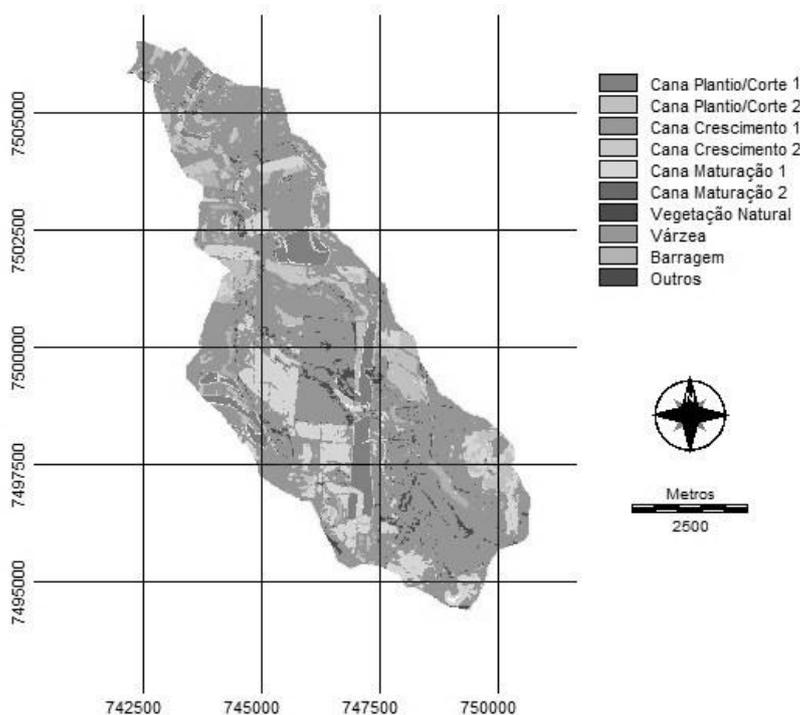
O método do paralelepípedo é um classificador que considera uma área, na forma de quadrado ou paralelepípedo, onde são identificados valores mínimos e máximos dos histogramas das amostras de classes em cada banda espectral.

Um pixel só será classificado como pertencente a uma determinada classe se o valor do seu nível de cinza estiver entre os valores máximos e mínimos das amostras, em cada banda espectral selecionada para classificação (RIZZI, 2004 apud BARBOSA, 2009, p.80).

Tendo as imagens das bandas, da bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antonio, georreferenciadas e fusionadas, foram estabelecidas as áreas representativas dos polígonos quanto ao uso da terra através do *digitize*, no qual foram agrupadas as classes. Através do comando do classificador *Pipped*, método paralelepípedo foram atribuídas a cada píxel o tipo de cobertura com assinatura mais parecidas.

Entretanto, o uso desse método apresenta algumas limitações, visto que alguns pixels podem não se enquadrar dentro dos valores que definem os paralelepípedos, não sendo classificados. Outro aspecto que afeta o desempenho desse método é a correlação existente entre as bandas dos sensores remotos, principalmente aquelas centradas na região do visível (VENTURIERI; SANTOS, 1998).

Figura 3. Mapa Paralelepípedo do uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio.

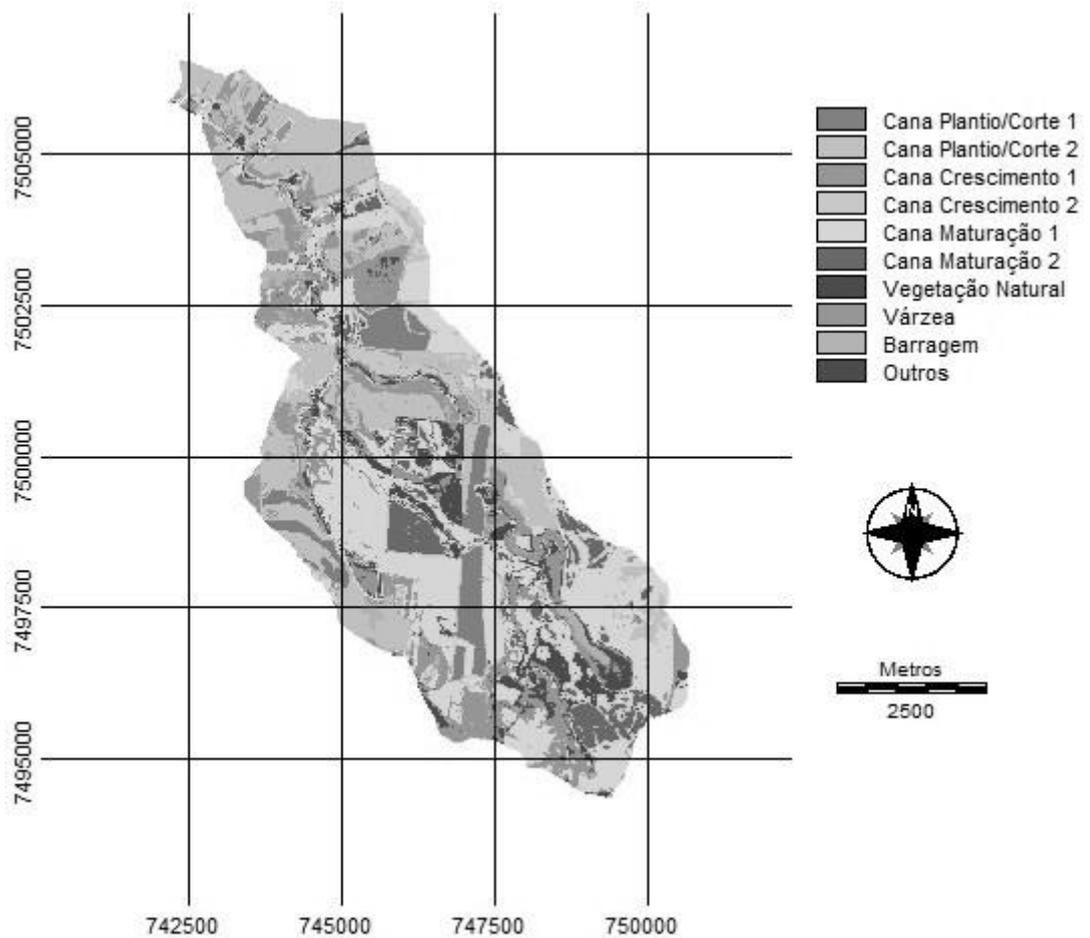


Considerando a ponderação das distâncias entre a média dos níveis de cinza, de cada classe dos dados de treinamento em cada banda da imagem, Lillesand e Kiefer (1994) tratam do método de máxima verossimilhança, a variância e a correlação de cada classe de cobertura terrestre nos dados de treinamento, considerando que os dados de cada classe estão normalmente distribuídos (distribuição gaussiana). Com estas informações, o desvio dos pixels ao redor de cada vetor médio pode ser descrito, utilizando a função de probabilidade.

Após o georreferenciamento e fusão das imagens, estabeleceu-se áreas de treinamento representativas com atribuição de um indicador para os usos do solo verificados, com a criação de assinatura espectral para cada uso (módulo Makesig).

Dessa forma, o classificador calculou estatisticamente a probabilidade de cada pixel pertencer à determinada classe de treinamento, designando-o àquela cuja probabilidade é maior, podendo ser rotulado como desconhecido se os valores de probabilidade encontrados estiverem abaixo de um limiar definido pelo analista (LILLESAND e KIEFER, 1994 apud BARBOSA, 2009, p. 80).

Figura 4. Mapa Máxima Verossimilhança do uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio.



Após classificadas as imagens, o cruzamento dos dados de comparação entre os usos da terra obtidos pela classificação supervisionada e pela classificação por digitalização manual em tela (verdade terrestre) foi calculado o índice Kappa. Os resultados da avaliação seguem na Tabela 1, a seguir:

Tabela 1. Uso da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antonio – São Manuel, SP, comparando-se as classificações supervisionadas e a classificação em tela da imagem de satélite (2014) para obtenção do índice Kappa.

Ocupação do solo	Imagem de Satélite 2014					
	Classificação Supervisionada (Paralelepípedo)		Classificação Supervisionada (Máxima Verossimilhança)		Classificação em Tela (Verdade Terrestre)	
	ha	%	ha	%	ha	%
1	230,87	5,38%	245,56	5,72%	265,66	6,19%
2	362,49	8,45%	947,78	22,11%	792,76	18,49%
3	801,89	18,70%	199,87	4,66%	621,02	14,48%
4	83,98	1,95%	57,63	1,34%	73,08	1,70%
5	610,82	14,25%	1397,65	32,60%	1451,03	33,85%
6	0,181	0,0042%	232,80	5,43%	318,44	7,42%
7	0,545	0,012%	81,07	1,89%	606,05	14,13%
8	1967,64	45,90%	723,39	16,87%	112,12	2,61%
9	89,80	2,095%	159,06	3,7%	23,26	0,54%
10	137,89	3,21%	241,31	5,65%	22,73	0,53%
TOTAL	4286,15	100%	4286,15	100%	4286,15	100%

Após classificadas as imagens, o cruzamento dos dados de comparação entre os usos da terra obtidos pela classificação supervisionada Máxima Verossimilhança e pela classificação por digitalização da Verdade Terrestre, com interpretação visual das feições identificadas na imagem de satélite, confirmadas por visitas a campo, o índice Kappa calculado sobre os resultados desta abordagem de classificação foi de 0,3322, portanto o resultado é classificado como Razoável, segundo Landis e Koch, (1977).

Para a classificação supervisionada Paralelepípedo quando comparada com a classificação em Tela, o índice Kappa apresentou o resultado de 0.2242, sendo assim classificada como Ruim.

Tabela 2: Matriz de erro, indicadores de exatidão e índice Kappa entre a classificação supervisionada Máxima Verossimilhança e a classificação Verdade Terrestre.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL	EI
1	2453	42	177	0	34	2	14	9	0	0	2713	0.1025
2	354	5412	3810	86	350	102	237	69	0	1	10421	0.4807
3	13	266	1424	217	154	15	103	1	13	0	2206	0.3545
4	0	0	61	142	417	0	17	0	0	0	637	0.7771
5	140	1726	365	9	9467	123 7	187 8	398	0	13 7	15357	0.3835
6	0	38	8	0	940	115 0	400	18	0	0	2554	0.5497
7	0	1	16	1	11	74	744	24	25	0	896	0.1696
8	5	642	398	308	2616	844	257 0	466	35	10 1	7985	0.9416
9	27	526	434	36	191	50	257	33	188	7	1752	0.8927
10	6	61	45	1	1646	84	573	240	0	9	2665	0.9966
TOTAL	2938	8895	6968	820	16281	357 3	680 0	1258	261	25 5	48094	
Erro de Omissão	0.183 7	0.391 6	0.795 6	0.826 8	0.4185	0.67 81	0.89 06	0.629 6	0.27 97	0.9 64 7		0.5543

A classe Cana Plantio/Corte 1, por seu menor erro de omissão (0.1837) foi a classe de solo melhor classificada.

Na classificação supervisionada Maxver (Tabela 2), os maiores erros de omissão ocorreram nas classes 10 (0.9647), 7 (0.8906) e 4 (0.8268), devido a dois fatores: o primeiro, em função dos limiares da classificação digital, onde as respostas espectrais da classe “outros” atingiram uma faixa de valores semelhantes aos das classes “várzea” e “cana crescimento 2”, ocorrendo uma confusão entre os alvos destas classes e vice e versa.

Tabela 3: Matriz de erro, indicadores de exatidão e índice Kappa entre a classificação supervisionada Paralelepípedo e a classificação Verdade Terrestre.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL	EI
1	2322	38	128	0	25	2	13	11	0	0	2539	0.0855
2	318	2485	795	3	159	39	119	55	0	0	3973	0.3745
3	86	3299	4260	423	315	73	271	34	9	4	8774	0.5145
4	0	21	177	224	475	1	21	0	5	0	924	0.7576
5	96	1113	245	5	4379	171	511	192	0	0	6712	0.3476
6	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0.0000
7	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	6	0.0000
8	47	1605	798	44	9670	3189	5174	775	23	23 8	21536	0.9640
9	0	117	250	99	69	1	214	16	221	1	988	0.7763
10	4	36	38	0	708	80	462	175	0	12	1515	0.9921
TOTAL	2983	8895	6968	820	16281	3573	6800	1258	261	25 5	48094	

Erro de Omissão	0.2216	0.7206	0.3886	0.7268	0.7310	0.9994	0.9991	0.3839	0.1533	0.9529		0.6946
-----------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--	--------

A classe barragem por seu menor erro de omissão (0.1533) foi a classe de solo melhor classificada.

Na classificação supervisionada Paralelepipedo (Tabela 3), os maiores erros de omissão ocorreram nas classes vegetação natural (0.9994) e várzea (0.9991) e outros (0.9529), devido a dois fatores: o primeiro, em função dos limiares da classificação digital, onde as respostas espectrais das classes atingiram uma faixa de valores semelhantes, ocorrendo uma confusão entre os alvos destas classes, dessa forma aumentando conseqüentemente o erro.

61

CONCLUSÕES

A imagem de satélite e a utilização dos sistemas de informação geográfica mostraram-se importantes ferramentas em função da facilidade e rapidez no mapeamento das unidades de paisagem, e, dessa forma, permitiram subsidiar na elaboração de mapas digitais, fornecendo resultados confiáveis num pequeno intervalo de tempo.

De modo geral, as classificações obtidas a partir dos pixels não obtiveram resultados kappa satisfatórios, quanto a precisão, considerando que parte dos acertos tenha ocorrido casualmente. Para isso, são sorteados pontos aleatórios na imagem classificada, que são comparados com a verdade terrestre, servindo como referência para a validação.

O método de classificação supervisionada MAXVER apresentou o melhor desempenho, entretanto, apresentou diferença significativa entre a área classificada e a verdade terrestre, além disso, exigiu um elevado tempo na determinação das amostras de treinamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, A. P. Comparação de métodos de classificação de imagens visando o gerenciamento de áreas citrícolas. 2009. 80p. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Energia na Agricultura) apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP-Campus Botucatu, Botucatu. 2009.
- LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, v.33, n.1, p.159- 174, 1977.
- LILLESAND, T.; KIEFER, R.W. *Remote Sensing and Image Interpretation*. 3.ed. New York: John Wiley & Sons, 1994.
- NOVO, E. M. L. M. *Sensoriamento Remoto - Princípios e Aplicações*. 2ª ed. São Paulo: Edgart Bluncher Ltda, 1988. 308p.
- PIROLI, E.L., BECKER, E.L.S., BOLFE, E.L., PEREIRA, R.S. Análise do uso da terra na microbacia do Arroio do Meio – Santa Maria – RS, por sistema de informações geográficas e imagem de satélite. *Ciencia Rural*. Santa Maria –RS, v.32, n.3, p.407-413, 2002.
- PIROLI, E.L.; ZANATA, J.M. Imagens de satélites de alta resolução espacial aplicada na caracterização de áreas de preservação permanente de corpos d'água. In: *Anais XVI*

Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR),2013, Foz do Iguaçu. Anais...São José dos Campos: INPE, 2013. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em:<<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0138.pdf>>. Acesso em: 25 de outubro de 2014.

SILVEIRA, G.R.P. Geoprocessamento aplicado na identificação e localização potencial de conflitos de uso em apps de uma microbacia, em função da legislação ambiental. Botucatu: Universidade Estadual Paulista- Faculdade de Ciências Agrônomicas. 2012.35p.(FAPESP).

SOUZA, E.R.; FERNANDES, M.R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentável das atividades rurais. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 21, n.207, p.15-20,2000.

VENTURIERI, A.; SANTOS, J. R. Técnicas de classificação de imagens para análise de cobertura vegetal. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. Sistemas de informação geográfica: aplicações na agricultura. 2 ed. Brasília. Embrapa-CPAC, 1998. cap. 2, p. 13-29.