



COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (IDRISI Selva e ArcGIS®) POR MEIO DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGEM

Mikael Timóteo Rodrigues¹

Bruno Timóteo Rodrigues²

Felipe de Souza Nogueira Tagliarini³

RESUMO

O presente artigo buscou comparar as técnicas de mapeamento do uso e ocupação do solo em uma microbacia hidrográfica no Centro-Oeste paulista, confrontando métodos de classificação supervisionada em diferentes Sistemas de Informação Geográfica (SIG), bem como distintas extensões para aplicação de máxima verossimilhança (MAXVER) realizada em imagem do sensor TM (Thematic Mapper) do satélite Landsat-5 na combinação Falsa cor. A verdade terrestre do uso e ocupação das terras na microbacia hidrográfica foi ordenado no software ArcGIS 10.1 e as amostras de cada uso do solo foram processadas através da aplicativo MAXLIKE inserido no software IDRISI Selva e posteriormente no ArgGIS 10.1 sob o extensão MAXIMUM LIKELIHOOD e seqüencialmente pós-processada na extensão Filtro Majoritário (MAJORITY FILTER) acoplada no mesmo SIG. As três classificações foram comparadas com a verdade como parâmetro para identificar a melhor metodologia no estudo de classificação em bacias. A classificação supervisionada com o uso do IDRISI Selva e do ArcGIS (MAJORITY FILTER) seriam os mais indicados para a realização de análise do uso da terra por meio de classificação digital automática, devido sua maior capacidade de acurácia. Se incorporados subdivisões espectrais do uso Cana e seu respectivo solo preparado, onde no presente trabalho foi agrupado todos esses índices apenas como Cana, os resultados de acurácia para o IDRISI Selva (MAXLIKE), ArcGIS 10.1 (MAXIMUM LIKELIHOOD) e no ArgGIS 10.1 (MAJORITY FILTER) serão possivelmente mais elevados e confiáveis, pois tais ferramentas apresentam um alto poder de processamento de dados digitais.

PALAVRAS-CHAVE: Classificação de imagens. Máxima verossimilhança. Sensoriamento Remoto.

¹Doutorando do Programa de Pós Graduação em Agronomia - Energia na Agricultura - Faculdade de Ciências Agrônomicas (UNESP/FCA). E-mail: mikaelgeo@gmail.com

²Mestrando do Programa de Pós Graduação em Agronomia - Energia na Agricultura - Faculdade de Ciências Agrônomicas (UNESP/FCA). E-mail: brunogta21@gmail.com

³Graduando em Engenharia Florestal - Faculdade de Ciências Agrônomicas (UNESP/FCA). E-mail: felipe_tagliarini@hotmail.com



PERFORMANCE COMPARISON OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (IDRISI Selva and ArcGIS®) THROUGH DIGITAL IMAGE PROCESSING

ABSTRACT

This paper aims to compare the techniques of mapping the use and occupation of land in a watershed in the Midwest São Paulo, comparing methods of supervised classification in different Geographic Information Systems (GIS), as well as separate extensions for application of maximum likelihood (MAXVER) held in image sensor TM (Thematic Mapper) satellite Landsat-5 in False color combination. The ground truth of the use and occupation of land in the watershed was ordained in ArcGIS 10.1 software and samples of each land use were processed through the application MAXLIKE inserted in IDRISI Selva software and later in ArgGIS 10.1 under the maximum likelihood and extent sequentially postprocessed the Filtro Majoritário (MAJORITY FILTER) extension coupled in the same GIS. The three ratings were compared with the truth as a parameter to identify the best methodology in the study of classification basins. The supervised classification using the IDRISI Selva and ArcGIS (MAJORITY FILTER) would be the most suitable for conducting analysis of land use through automatic digital classification, due to its greater ability to accuracy. If incorporated the use spectral subdivisions and their respective Cana prepared soil, where the present work was grouped all these indexes just like Cana, the results of accuracy for the IDRISI Selva (MAXLIKE), ArcGIS 10.1 (Maximum Likelihood) and ArgGIS 10.1 (MAJORITY FILTER) will be high and possibly more reliable, because these tools have a high processing power of digital data.

KEY-WORDS: *Image classification. Maximum likelihood. Remote Sensing.*

COMPARACIÓN DE RENDIMIENTO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (IDRISI Selva y ArcGIS®) A TRAVÉS DE PROCESAMIENTO DEL IMAGEN DIGITAL

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo comparar las técnicas de mapeo del uso y ocupación del suelo en la cuenca del Medio Oeste de São Paulo, los métodos de clasificación supervisada en diferentes Sistemas de Información Geográfica (SIG), así como las extensiones separadas para la aplicación de la máxima verosimilitud Comparando (MaxVer) celebrada en TM sensor de imagen (Thematic Mapper) satélite Landsat-5 en combinación de color falso. La realidad sobre el terreno del uso y ocupación del suelo en la cuenca fue ordenado en el software ArcGIS 10.1 y muestras de cada uso de la tierra fueron procesados a través del MAXLIKE aplicación insertada en el software IDRISI Selva y más tarde en ArgGIS 10.1 bajo la máxima verosimilitud y el alcance secuencial posprocesamiento el Filtro Majoritário (MAJORITY FILTER) de extensión junto en el mismo SIG. Las tres calificaciones se compararon con la verdad como un parámetro para identificar la mejor metodología en el estudio de las cuencas de clasificación. La clasificación supervisada utilizando el IDRISI Selva y ArcGIS (MAJORITY FILTER) sería el más adecuado para la realización de análisis de uso de la tierra a través de la clasificación automática digital, debido a su mayor capacidad de precisión. Si se incorporan las subdivisiones de uso del espectro y sus respectivos Cana preparado del suelo, donde el presente trabajo se agrupan todos estos índices al igual Cana, la exactitud de los resultados para el IDRISI Selva (MAXLIKE), ArcGIS 10.1 (máxima verosimilitud) y ArgGIS 10.1 (MAJORITY FILTER) será alta y, posiblemente, más fiable, ya que estas herramientas tienen un alto poder de procesamiento de datos digitales.

PALABRAS-CLAVE: *Clasificación de la imagen. Máxima verosimilitud. Teledetección.*



1. INTRODUÇÃO

E em meio às tecnologias utilizadas atualmente para o manejo correto do uso da terra, o planejamento ambiental, delimitação de áreas de proteção ambiental, conservação tanto do solo quanto dos recursos hídricos, estão o Sensoriamento Remoto e o Geoprocessamento por meio de aplicativos SIG (Sistemas de Informação Geográfica).

O sensoriamento remoto pode ser definido como a medição ou aquisição de informação de alguma propriedade de um objeto ou fenômeno, por um dispositivo de registro que não esteja em contato físico ou íntimo com o objeto ou fenômeno em estudo (JENSEN, 2009), podendo ser dividido em orbital, quando as informações são coletadas por sensores localizados em órbitas ao redor do planeta, realizando a coleta de dados e informações sobre a superfície terrestre em intervalos de tempo e espaço previamente estabelecidos, cujos produtos principais são as imagens de satélite; ou sub-orbital, quando esse processo é realizado por equipamentos aerotransportados não localizados em órbitas, cujos produtos principais são as fotografias aéreas (PIROLI, 2010).

O sensoriamento remoto tem papel significativo no ambiente SIG, como uma das alternativas mais viáveis para extração de informações sobre os diversos usos do solo, assim, gerando grande número de informações e possibilitando programação de ações adequadas para tomada de decisões por constituir ferramentas de articulação e informações geoespaciais (FUSHITA, et al, 2013).

A utilização do SIG como ferramenta é bastante eficaz na espacialização e quantificação dos recursos naturais de uma determinada área tanto a nível regional quanto a nível local, abrangendo o planejamento e emprego adequado da ocupação de determinado perímetro, assim se tornando uma alternativa viável na restrição das possíveis falhas e lacunas. Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) tem colaborado para o mapeamento e zoneamento, atuando como método de fiscalização e planejamento de áreas agrícolas em determinadas bacias hidrográficas e seus



respectivos espaços e uso da terra, uma vez que as mudanças ocorrem em uma pequena escala temporal (RODRIGUES, et al, 2013). Portanto, existe a necessidade de realizar um processamento das imagens digitais, a fim de prepará-las para utilização por meio de aplicativos SIG, onde Novo (1992) afirma que técnicas para esse processo podem ser classificadas em três conjuntos: pre-processamento, realce e classificação. Dentre os conjuntos, o mais prático, referente à análise propriamente dita, é o conjunto das técnicas de classificação, que visam o reconhecimento automático de objetos da cena a partir da análise quantitativa dos níveis de cinza, classificando em diferentes categorias em função de algum critério de decisão objetivo (NOVO, 1992).

As técnicas de classificação de imagens podem ser divididas em não-supervisionada e supervisionada. A classificação supervisionada consiste na identificação prévia das classes de informação (tipos de cobertura do solo), chamadas áreas de treinamento, que nada mais são do que representações dos do comportamento médio das classes que serão mapeadas automaticamente (NOVO, 1992). Esse tipo de classificação é utilizada quando se possui algum conhecimento sobre as classes que devem ser representadas na imagem pelo computador. Uma das principais técnicas utilizadas para a realização de classificações supervisionadas é a MAXVER (máxima verossimilhança), que consiste na classificação da imagem ponto a ponto, a partir de classes fornecidas pelo usuário (ROSA, 2009).

A classificação supervisionada consiste na identificação prévia das classes de informação chamadas áreas de treinamento, que nada mais são do que representações do comportamento médio das classes que serão mapeadas automaticamente (TANGERINO & LOURENÇO, 2013), onde torna-se de suma importância que as amostras de treinamento (ou *training sites*) sejam bastante homogêneas e que representem as classes de interesse, ou o resultado pode ser inadequado ao esperado para a classificação (NOVO, 1992).

Este trabalho tem como objetivo comparar o desempenho de Sistemas de Informação Geográfica (IDRISI Selva e ArcGIS®) em classificação supervisionada, através do padrão espectral em imagem Landsat 5, associada a comparação do uso da terra.



2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a classificação supervisionada por máxima verossimilhança (MAXVER) foi utilizado imagem do sensor TM (*Thematic Mapper*) do satélite Landsat-5 (NASA, 2012), cedida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em formato digital, Figura 1, sendo posteriormente georreferenciada (Sistema de Projeção UTM) nas bandas termais 3, 4 e 5 composição colorida (R-G-B), com resolução espacial de 30 metros, referentes à órbita 220, ponto 76, passagem de 19/11/ 2010.

Figura 1: Área de estudo na Imagem de Satélite em 2010 pelo sensor TM do Landsat-5.



A partir da imagem, elaborou-se um mapa da verdade terrestre do uso e ocupação das terras na bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso utilizando-se do software ArcGIS 10.1. Para auxiliar na interpretação visual das áreas de cobertura vegetal, foi utilizado o Google Earth como ferramenta de apoio, permitindo delimitar



com maiores detalhes as ocupações, onde foram identificadas 6 classes de uso e cobertura para o ano de 2010 através da imagem de satélite. De posse do arquivo completo vetorizado, o mesmo foi exportado em formato GEOTIFF para o IDRISI Selva edição 17.0 (EASTMAN, 2012).

A classificação supervisionada MAXVER (máxima verossimilhança) foi realizada em dois softwares SIG - IDRISI Selva e o ArcGIS 10.1 – onde foram definidos das amostras de treinamento (Figura 2) por meio de polígonos que representam as classes de uso e ocupação da terra, conforme a tonalidade e texturas dos alvos identificados, sendo assim divididos em: Pastagem, Mata, Cana-de-açúcar, Área urbana, Outras culturas e Solo exposto.

Figura 2: Amostras de treinamento (ou *training sites*).



As amostras de cada uso do solo foram processadas através da extensão MAXLIKE inserido no software IDRISI Selva, bem como no aplicativo MAXIMUM LIKELIHOOD disponível no ArcGIS 10.1. Também foi utilizado no ArcGIS, como forma de pós-classificação, a extensão Filtro Majoritário (MAJORITY FILTER) para a “limpeza” de pixels que possivelmente tenham sido classificados de forma equivocada



pelo algoritmo do software (Figura 3), aparecendo como pequenos pontos dentro de classes maiores, uniformizando as classes de uso e eliminando pontos isolados, classificados diferentemente de grupos vizinhos. Contudo, é gerada uma segunda classificação do mesmo SIG (ArcGIS 10.1) com menos ruídos, por sua vez, com menor erro agregado.

Figura 3: C lassificação supervisionada sem filtro (A); Pós-classificação com uso do Majority Filter (B).



Para identificar a melhor classificação, foram cruzados os mapas de MAXVER derivados do IDRISI Selva e do ArcGIS 10.1 com a verdade terrestre, onde a mesma se caracteriza como a real utilização do solo, apontando a exatidão (acurácia) de cada classificação, cruzando matrizes de pixel ou conjuntos de pixels. O índice Kappa (Tabela 1) é o mais recomendado por utilizar todas as células da matriz ao invés de somente os elementos diagonais, o que garante uma maior acurácia em relação aos outros métodos devido à medição da probabilidade de um pixel estar corretamente



classificado, em relação à probabilidade de estar incorretamente classificado (DEMARCHI et al, 2011).

Tabela 1: Intervalos de caracterização da acurácia em relação a verdade terrestre.

Valor de Kappa	Qualidade da Classificação
<0,00	Péssima
0,00 – 0,20	Ruim
0,20 – 0,40	Razoável
0,40 – 0,60	Boa
0,60 – 0,80	Muito boa
0,80 – 1,00	Excelente

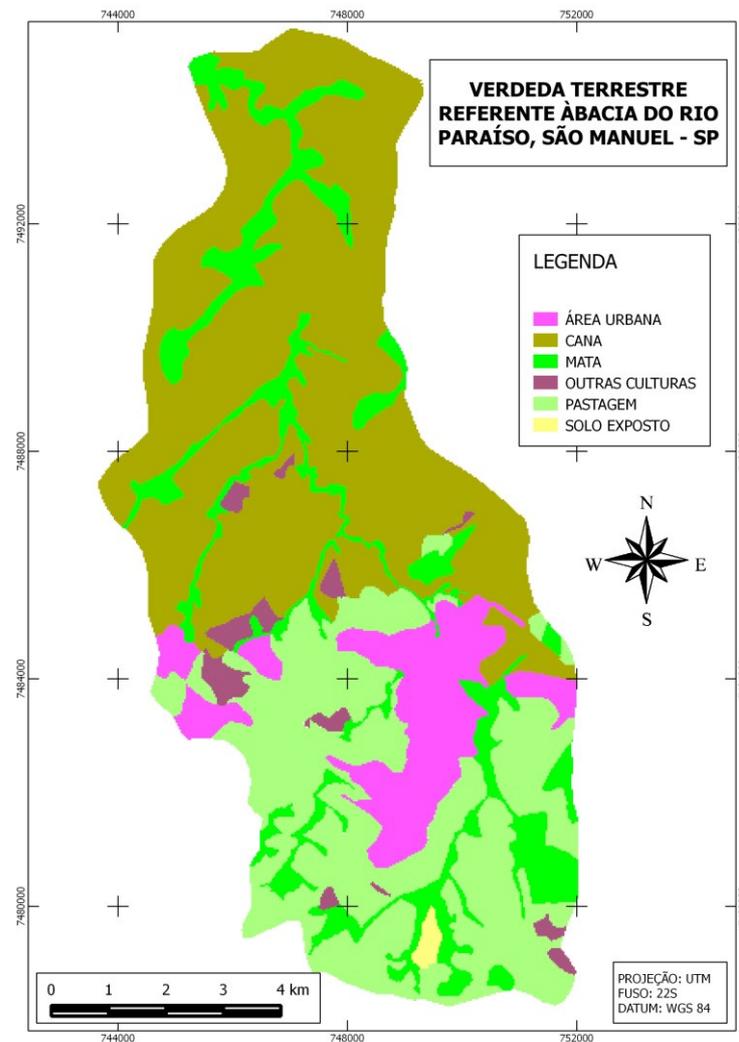
Fonte: Landis e Koch (1977) e adaptados por Piroli (2010)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A verdade terrestre referente à bacia estudada (Figura 4) foi obtida como resultado da real utilização do uso do solo na área de estudo, assim, realizado o índice para comparação com as classificações MAXVER provenientes do IDRISI Selva e ArcGIS 10.1.



Figura 4: Verdade terrestre da bacia do Ribeirão Paraíso



A classificação supervisionada (Figura 5) através do método MAXVER (máxima verossimilhança) realizada no IDRISI Selva por meio da extensão MAXLIKE, apresentou resultado razoável com relação ao índice Kappa, com valor na ordem de 0.24. Tendo em vista as características de uso na bacia estudada e seu “conflito” espectral, o resultado encontrado foi muito positivo, pois a imagem orbital da bacia analisada apresenta grande área com o cultivo da cana nos mais variados estágios de desenvolvimento e produção, bem como grandes áreas de solo preparado para o manejo desta cultura, assim, emitindo diversas respostas espectrais de um mesmo



uso, caracterizando um alto grau de confusão para o algoritmo na separação das classes.

Podemos observar de acordo com a matriz de confusão gerada a partir da classificação supervisionada (Tabela 1), que existe um aceitável grau de acurácia nos dados classificados, onde cada uso teve maiores valores em suas respectivas classes. Entretanto, como já foi mencionado anteriormente, a classe de Cana gerou maior confusão com as outras classes, o que já era esperado por se tratar de um uso bastante diversificado no que se diz respeito às respostas espectrais.

Figura 5: Classificação Supervisionada IDRISI

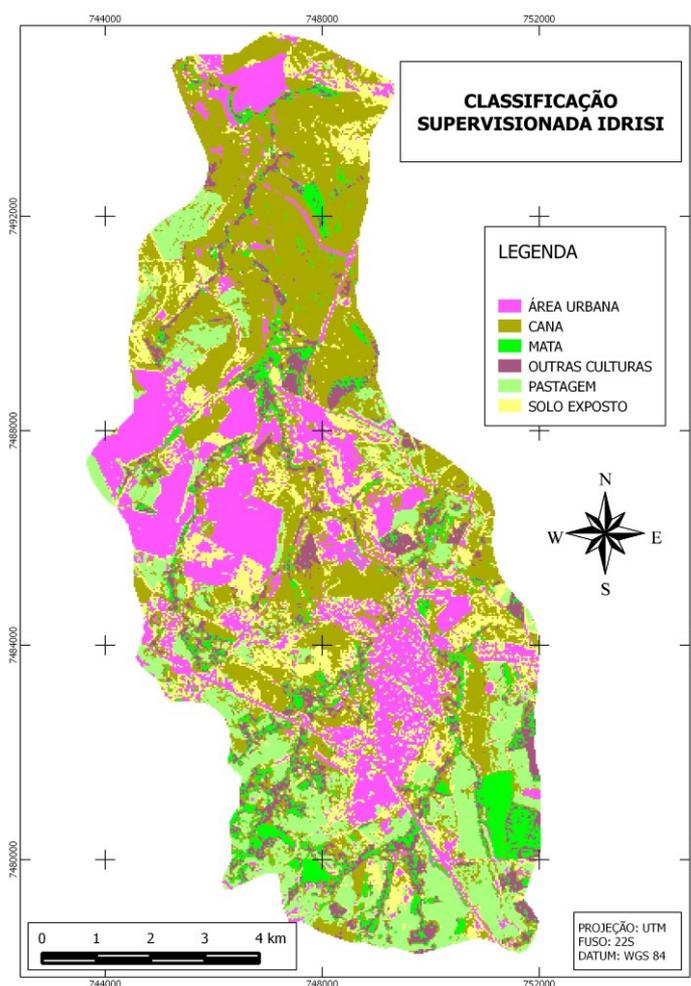
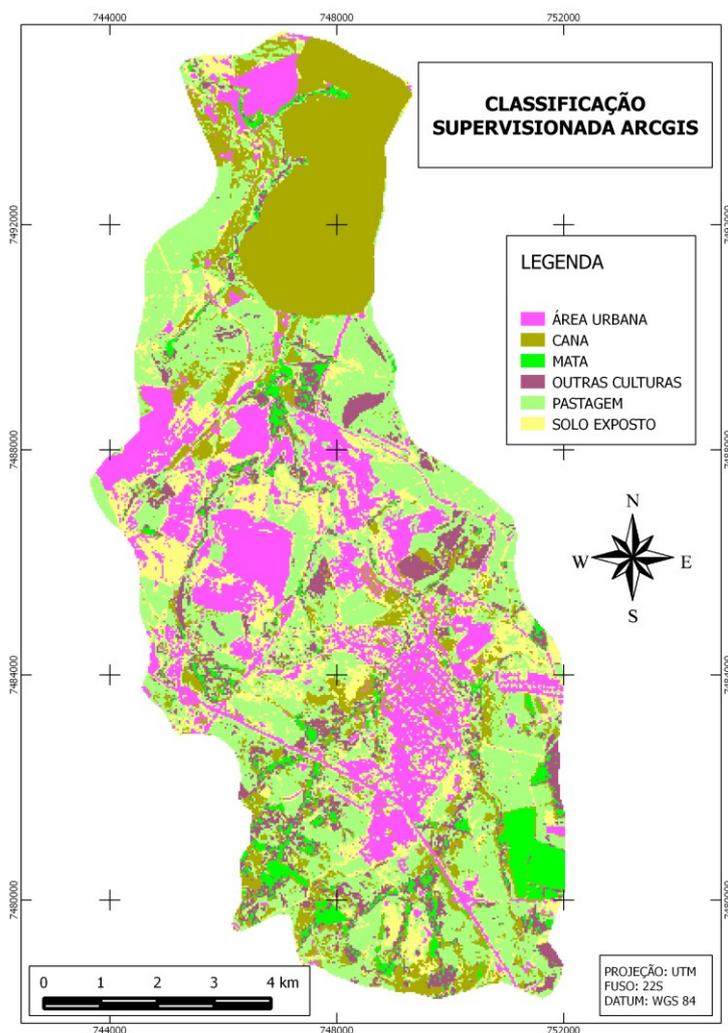




Tabela 2: Tabela determinada pela Matriz de Confusão gerada a partir da Classificação Supervisionada (IDRISI).

Classes	Pastagem	Mata	Cana	Área urbana	Outras culturas	Solo exposto	Total
Pastagem	9162	445	3938	336	252	67	14200
Mata	1510	4189	711	119	297	1	6827
Cana	7942	4065	20364	1228	647	52	34298
Área urbana	1785	574	11852	5769	35	46	20061
Outras culturas	1730	3770	1158	120	678	8	7464
Solo exposto	3464	748	6733	2145	279	197	13566
Total	25593	13791	44756	9717	2188	371	96416

Para a classificação supervisionada realizada no ArcGIS 10.1 (Figura 6) através da extensão MAXIMUM LIKELIHOOD que valida a acurácia por meio do método estimativa por máxima verossimilhança, estimando os parâmetros de um modelo estatístico, apresentou resultado insatisfatório (0.19) com base na relação a probabilidade de um pixel estar corretamente classificado (índice Kappa), por aferição de todas as células da matriz.

**Figura 6: Classificação Supervisionada ArcGIS**

Bem como ocorrido no IDRISI, diversidade espectral de um mesmo uso do solo como o cultivo da cana nos mais variados estágios de desenvolvimento, produção e grandes áreas de solo preparado para o manejo desta cultura, proporcionou um elevado grau de confusão para o algoritmo, assim, influenciando de forma indesejada no resultado da classificação.

A imagem Landsat 5 foi trabalhada na composição RGB na faixa do visível, referente as bandas 3, 4 e 5 do sensor TM, sem fusão com a banda Pancromática, o que melhoraria a resolução espectral em 15 metros e auxiliaria o algoritmo no cálculo da matriz de confusão, bem como nas resposta da acurácia. A baixa quantidade de classes de uso da terra utilizadas para a classificação supervisionada (6 classes) no



método MAXVER por meio da extensão MAXIMUM LIKELIHOOD também contribuiu para resultados de baixa acurácia.

Na Tabela 3, podemos destacar o conflito gerado pela classe Pastagem em meio a alguns usos, principalmente na classe Cana-de-açúcar (com 1662 pixels a menos) e Outras Culturas (com 77 pixels aquém da classe Pastagem), onde as mesmas tiveram seus respectivos graus de acurácia reduzidos significativamente devido a influencia espectral da pastagem.

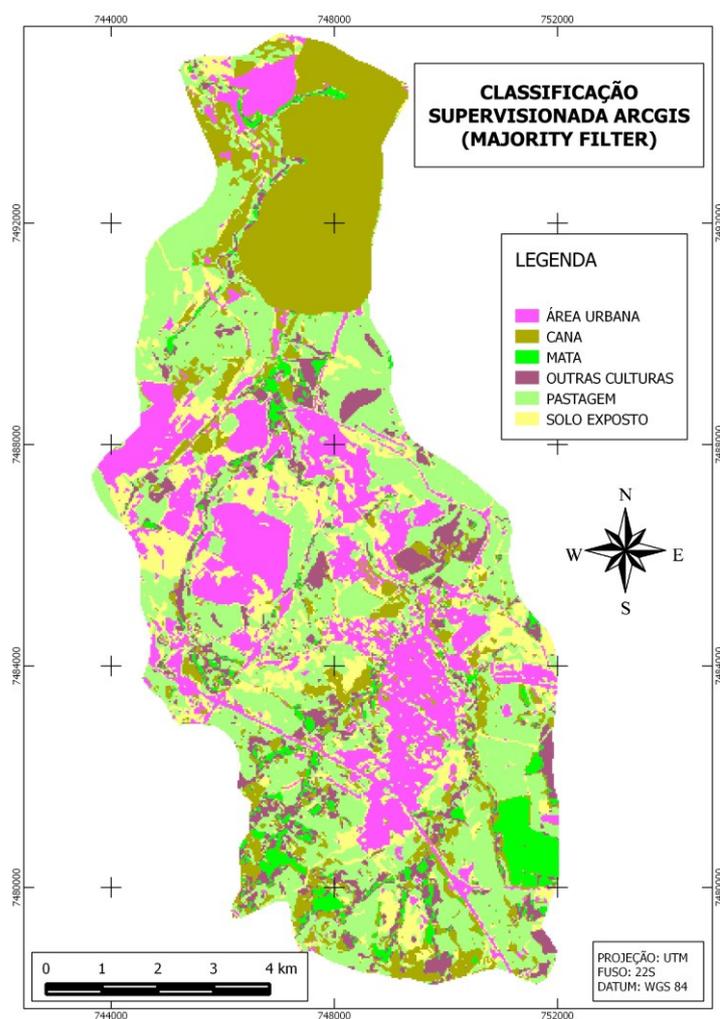
Tabela 3: Tabela determinada pela Matriz de Confusão gerada a partir da Classificação Supervisionada (ArcGIS).

Classes	Pastagem	Mata	Cana	Área urbana	Outras culturas	Solo exposto	Total
Pastagem	13192	3137	13984	1192	800	84	32389
Mata	690	3332	215	22	186	0	4445
Cana	4255	2718	12322	503	210	6	20014
Área urbana	1503	421	10187	5753	81	37	17982
Outras culturas	2257	3555	1231	153	723	14	7933
Solo exposto	3696	628	6817	2094	188	230	13653
Total	25593	13791	44756	9717	2188	371	96416

Já para classificação supervisionada no ArcGIS e sua pós-classificação com a extensão do Filtro Majoritário (MAJORITY FILTER) para a “limpeza” de pixels que possivelmente tenham sido classificados de forma equivocada foi encontrado resultados aceitáveis, onde o índice Kappa atingiu valor na ordem de 0.23, o que caracteriza, segundo Landis e Koch (1977) adaptado por Piroli, (2010), a classificação como Razoável, onde tal classificação representa oportunamente os usos da terra encontrado na área de estudo, como pode ser observado na Figura 7.



Figura 7: Classificação Supervisionada ArcGIS com Filtro Majoritário (MAJORITY FILTER)



O algoritmo da extensão do Filtro Majoritário (MAJORITY FILTER) realinhou automaticamente as respostas espectrais de algumas classes (Tabela 4), assim elevando o grau de acurácia nos dados classificados, onde alguns usos tiveram seus valores subestimados e posteriormente a pós-classificação do Filtro Majoritário, suas estimativas recalculadas e o seu grau de acurácia redimensionados com diminuição de erros de inserção de pixel que não pertencem a determinadas classes a elas atribuídas.



Tabela 4: Tabela determinada pela Matriz de Confusão gerada a partir da Classificação Supervisionada (ArcGIS - MAJORITY FILTER).

Classes	Pastagem	Mata	Cana	Área urbana	Outras culturas	Solo exposto	Total
Pastagem	13840	3221	14300	1119	831	77	33388
Mata	654	3294	176	21	171	0	4316
Cana	4097	2723	12309	416	181	3	19729
Área urbana	1446	409	10263	6241	75	32	18466
Outras culturas	2111	3545	1175	144	741	13	7729
Solo exposto	3445	599	6533	1776	189	246	12788
Total	25593	13791	44756	9717	2188	371	96416

4. CONCLUSÃO

A classificação supervisionada com o uso do IDRISI Selva e do ArcGIS (MAJORITY FILTER) seriam os mais indicados para a realização de análise do uso da terra por meio de classificação digital automática, devido sua maior capacidade de acurácia, onde não obtiveram melhores resultados no o índice Kappa, devido ao baixo número de classes do uso da terra empregados na metodologia.

É importante salientar que, provavelmente, se incorporados subdivisões espectrais do uso Cana e seu respectivo solo preparado, onde no presente trabalho foi agrupado todos esses índices apenas como Cana, os resultados de acurácia para o IDRISI Selva (MAXLIKE), ArcGIS 10.1 (MAXIMUM LIKELIHOOD) e no ArgGIS 10.1 (MAJORITY FILTER) serão possivelmente mais elevados e confiáveis, pois tais ferramentas apresentam um alto poder de processamento de dados digitais.

REFERÊNCIAS

DEMARCHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L.. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo - SP usando imagens Landsat-5. **Ra'e ga** (UFPR), v. 21, p. 234-271, 2011.

EASTMAN, J. R.. **IDRISI Selva**– GIS and Image Processing Software – version 17.0. Worcester-MA/USA: Clark Labs, 2012.

FUSHITA, A. T.; REIS, R. R.; FARESIN, L.; SANTOS, J. E. Desempenho da classificação supervisionada em diferentes programas: comparação por meio do uso da terra e do índice de naturalidade da paisagem. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. 2013, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013, p. 6465.



INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-Divisão de Geração de Imagens (DGI-INPE). **Catálogo de Imagens**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/>>. Acesso em: 03 mar. 2013.

JENSEN, J. R.. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução: José Carlos Neves Epiphany (coord.) et al. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

LANDIS, R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, p.159-174, Mar. 1977.

NASA. The Landsat program. Disponível em: <<http://landsat.gsfc.nasa.gov/>>. Acesso em: 17 ago. 2012.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Editora Blucher, 2. ed. p. 308. 1992.

PIROLI, E. L.. **Introdução ao geoprocessamento**. Ourinhos: Unesp/Campus Experimental de Ourinhos, 2010. 46p.

RODRIGUES, M. T.; CERIGNONE, F. J.; RODRIGUES, B. T.; MALHEIROS, J. M.; MONTE, B. E. O.; CARDOSO, L. G. Utilização do geoprocessamento na classificação do uso da terra em áreas conflitantes da bacia hidrográfica do rio capivara no município de botucatu-sp. IV Workshop Internacional de Planejamento em Bacias Hidrográficas. 2013, Presidente Prudente. **Anais...** Presidente Prudente, SP: UNESP/FCT, 2013.

ROSA, R.. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Uberlândia: EDUFU, 2009.

TANGERINO, D. F.; LOURENÇO, R. T. Comparação da exatidão de métodos de classificação supervisionada e não supervisionada a partir do índice kappa na microbacia do Ribeirão Duas Águas em Botucatu/SP. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. 2013, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013, p. 4093.