TESTE DE ALGORITMOS DE CLASSIFICAÇÃO PARA A ANÁLISE TEMPORAL DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE SÃO GABRIEL – RS

Bruna Nascimento de Vasconcellos¹, Aline Bernarda Debastiani¹, Mônica Joelma do Nascimento Anater², Ana Paula Dalla Corte³, Carlos Roberto Sanquetta³

1 Doutoranda em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil – brunaslg@hotmail.com

2 Mestranda em Bioenergia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil

3 Prof. Dr. do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR – Brasil

Recebido em: 03/10/2016 – Aprovado em: 21/11/2016 – Publicado em: 05/12/2016

DOI: 10.18677/EnciBio_2016B_097

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo analisar as mudanças do uso e ocupação da terra no município de São Gabriel – RS, e testar a acurácia de diferentes algoritmos classificadores. O trabalho foi realizado nas seguintes etapas: processamento das imagens e georreferenciamento; realização da classificação supervisionada com os algoritmos distância mínima, paralelepípedo e máxima verossimilhança; análise das matrizes de confusão e dos erros de classificação, e realização da análise multitemporal com a melhor classificação. A classe campo foi a que apresentou maior abrangência, sendo de 40,48 % para 2009 e de 33,54% para 2015, o decréscimo está relacionado ao aumento das classes floresta e agricultura. Dentre os algoritmos testados, o que apresentou melhores resultados foi o de Máxima Verossimilhança.

PALAVRAS-CHAVE: Landsat, Máxima Verossimilhança, Sensoriamento Remoto.

ALGORITHMS TEST CLASSIFICATION FOR TEMPORARY ANALYSIS OF USE AND LAND OCCUPATION IN THE MUNICIPALITY OF SÃO GABRIEL – RS

ABSTRACT

This study aims to analyze the land use and occupation changes in São Gabriel - RS, and test the accuracy of different classifiers algorithms. The work was performed in the following steps: image processing and georeferencing; realization of supervised classification algorithms with the minimum distance, parallelepiped and maximum likelihood; analysis of arrays of confusion and misclassification, and realization of multi-temporal analysis with the best rating. The field class was the one with greater coverage, and of 40.48% for 2009 and 33.54% for 2015, the decrease is related to the increase in forest and agriculture classes. Among the tested algorithms, which showed better results was the Maximum Likelihood.

KEYWORDS: Landsat, maximum likelihood, Remote Sensing.

INTRODUÇÃO

A falta de planejamento e destruição dos recursos naturais, bem como a retirada de florestas e da vegetação nativa contribuem para redução do espaço dos

ecossistemas naturais, contribuindo para o assoreamento de rios, o desequilíbrio da fauna e flora, e demais problemas ambientais. Diante do dinamismo das ações humanas, não é possível acompanhar tais mudanças sem o auxílio de tecnologias, de modo que, é necessário o uso de técnicas e produtos de sensoriamento remoto, hoje disponíveis gratuitamente, que possibilitam obter de forma rápida e segura o mapeamento de uso e ocupação da terra (LIPPERT et al., 2012).

Nos últimos anos tornou-se relevante analisar as mudanças de uso e cobertura da terra no intuito de compreender as dinâmicas e processos que atuam nos diferentes espaços, auxiliar no planejamento ambiental e definir áreas prioritárias para recuperações e investimentos (MARCHESAN et al., 2016). Dentre as técnicas utilizadas para o mapeamento de uso e ocupação da terra, tem-se a classificação de imagens, que se baseia na distinção e identificação de diferentes alvos que possuem comportamento espectral distinto, de modo que, associa-se cada pixel da imagem a um determinado rótulo, apresentando um tema como resultado.

A classificação supervisionada utiliza algoritmos pré-estabelecidos, onde o usuário identifica pontos nas imagens pertencentes às classes desejadas e o software executa a tarefa de localizar os demais pixels pertencentes àquelas classes, baseado em alguma regra estatística pré-estabelecida (CROSTA, 1992). No entanto, para obter bons resultados com um algoritmo supervisionado, muitas vezes é necessário coletar uma grande quantidade de dados de treinamento, principalmente ao que se refere a classes mais heterogêneas, permitindo a representação de toda a diversidade da classe (ROUGIER et al., 2016).

O mapeamento de cobertura da terra apresenta diversos fatores que influenciam a qualidade do produto final. Tais fatores estão relacionados ao tipo de imagem utilizada, algoritmo de classificação, recursos de entrada, dados de validação, técnicas de pré e pós processamento, dados auxiliares e tipos de classes utilizadas. A comunidade de Sensoriamento Remoto empreendeu esforços consideráveis para melhorar a acurácia de mapeamento de uso e ocupação da terra (KHATAMI et al., 2016).

Na análise de acurácia da classificação utilizam-se estatísticas que visam verificar se os alvos estão atribuídos corretamente nas classes. Por meio da matriz de confusão, é possível calcular os índices de avaliação, onde os valores das linhas e colunas correspondem aos números de pixels atribuídos a uma classe em relação a sua identificação correta, conforme análise da verdade de campo ou em mapa de referência (NOVO, 2010). Diante disso, o presente estudo objetivou o desenvolvimento de testes de diferentes algoritmos de classificação supervisionada para a realização da análise temporal de uso e ocupação da terra no município de São Gabriel – RS.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O município de São Gabriel localiza-se na microrregião da Campanha Central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, conforme pode ser visualizado na Figura 1. A população estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é de aproximadamente 60 mil habitantes.

FIGURA 1 - Localização do município de São Gabriel - RS

Materiais Utilizados

- Imagens orbitais dos satélites Landsat 5 sensor TM (*Thematic Mapper*) referente a 30/06/2009 (bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7) e do Landsat 8 sensor OLI/TIRS (*Operational Land Imager e Thermal Infrared Sensor*) referente a 16/06/2015 (bandas 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 9), disponível na Divisão de Geração de Imagens (DGI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).
- Carta topográfica do município de São Gabriel, obtida no banco de dados geográficos do Exército, disponibilizada pelo Geoportal – Infraestrutura Nacional de dados espaciais (Exército Brasileiro) na escala 1:100.000, de nomenclatura S-H-21-Z-B-III;
- Software Envi 5.0.

Georreferenciamento

O georreferenciamento consiste em conceder a uma imagem um sistema de coordenadas do mundo real e corrigir eventuais deformações decorrentes do processo de aquisição da imagem de satélite (ECKHARDT et al., 2013). O georreferenciamento foi realizado utilizando pontos de controle obtidos na carta topográfica de São Gabriel disponibilizada pelo Exército Brasileiro.

O erro quadrático máximo (RMS) admitido foi de 0,5 pixel. De acordo com MENESES & ALMEIDA (2012), o valor de RMS é expresso em números de pixels. Por exemplo, um erro RMS de valor dois, significa que o pixel retransformado está distante dois pixels do pixel de referência. Se os pontos de controle mostram valores altos de RMS na direção X ou na direção Y, deve-se adicionar mais pontos naquela direção.

Classificação supervisionada

Foram utilizados três algoritmos classificadores, sendo: Mínima Distância, Paralelepípedo, e Máxima Verossimilhança. O método da mínima distância utiliza a média dos pixels da amostra, para assinalar um pixel desconhecido a uma determinada classe. O pixel é atribuído a classe que apresentar a menor distância, independente da banda (AMORIM et al., 2016).

De acordo com MENESES & ALMEIDA (2012), o classificador paralelepípedo tem esse nome porque em um espaço de dados bidimensional (duas bandas), os valores dos pixels de cada classe de treinamento são estimados por um limite superior e um inferior de valores digitais, que são identificados como as dimensões das bordas do paralelepípedo. Para estimar esses limites tomam-se os valores terminais da curva dos histogramas das amostras de treinamento em cada banda. É frequentemente usado como uma primeira exploração de classificação, a fim de identificar quantas classes podem ser utilizadas nos demais tipos de classificação.

O método da máxima verossimilhança (MaxVer) é o mais comum, considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais de classes, utilizando parâmetros estatísticos. Porém, para que o classificador apresente um bom desempenho é necessário um número elevado de pixels para cada conjunto de treinamento (IZIPPATO et al., 2012).

Avaliação da classificação

De acordo com NOVO (2010), após a classificação, torna-se necessário a avaliação da exatidão dessa classificação, ou seja, é necessário determinar o quão bom é o resultado da classificação em relação a realidade. Para analisar a qualidade da classificação foi utilizada a Exatidão Global (G), Coeficiente Kappa (K) e o Tau (T), que podem ser visualizados nas Equações 1, 2 e 3.

$$G = \frac{\sum_{i=1}^M n_{ii}}{N} = P_0 \quad (1)$$

$$K = \frac{P_0 - P_e}{1 - P_e} \quad (2)$$

$$T = \frac{P_0 - P_r}{1 - P_r} \quad (3)$$

Onde: n_{ii} = Número de pixels da diagonal principal da Matriz de Confusão de cada classe; N = Número de classes; P_0 = Concordância total ou Exatidão global; P_r : concordância ao acaso esperada; P_e : concordância esperada.

Para cada matriz de erro pode ser calculado o coeficiente Kappa, sendo a medida da concordância da classificação com os dados de referência, o valor desse índice pode variar de 0 a 1, de modo que 0 significa péssima classificação e 1 significa excelente, conforme pode ser visualizado na Tabela 1.

TABELA 1 - Índice kappa e sua concordância

Índice Kappa	Concordância
0,00	Péssima
0,01 a 0,20	Ruim
0,21 a 0,40	Razoável
0,41 a 0,60	Boa
0,61 a 0,80	Muito Boa
0,81 a 1,00	Excelente

Fonte: LANDIS & KOCH, (1977).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise temporal permitiu identificar as mudanças ocorridas no período entre 2009 e 2015, estas podem ser visualizadas na Tabela 2 e Figura 2.

TABELA 2 - Área de cada classe de uso e ocupação da terra

Classe	Ano de 2009		Ano de 2015	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Recursos hídricos	234,60	4,67	236,20	4,70
Campo	2034,12	40,48	1685,20	33,54
Agricultura	625,40	12,45	516,73	10,28
Floresta plantada	687,20	13,68	924,12	18,39
Floresta nativa	656,10	13,06	964,28	19,19
Solo exposto	787,50	15,67	698,20	13,90

A área aproximada do município de São Gabriel é de aproximadamente 5024,90 hectares. A classe de uso e ocupação da terra que apresenta a maior abrangência nos anos de 2009 e 2015 é a de campo, com 40,48% e 33,54% respectivamente. Este predomínio de campo já era esperado na área de estudo, visto que é característico do bioma pampa, que apresenta uma paisagem desprovida de elementos arbóreos e arbustivos, sendo composto por gramíneas.

FIGURA 2 - Distribuição espacial das classes de uso e ocupação da terra nos anos de 2009 e 2015.

Entre 2009 e 2015 houve um aumento na cobertura florestal no município de São Gabriel, sendo de 4,71% de florestas plantadas e de 6,13% de floresta nativa. De acordo com BENEDETTI et al. (2013), o Rio Grande do Sul apresentou uma expansão florestal a partir do ano de 2003, onde o governo lançou o Programa Estadual de Florestamento, que previa fomentar o plantio comercial em municípios da metade sul do estado. Além do que, a expansão florestal é dada de duas maneiras, podendo ser relacionada ao estabelecimento da regeneração e posterior formação florestal nativa, e ainda, por meio da introdução de espécies exóticas como *Pinus* e *Eucalyptus*.

CRASHAW et al. (2007) consideram que a silvicultura é potencialmente ameaçadora às áreas de campo no Rio Grande do Sul, pois um dos programas de fomento estadual apresentava como meta o plantio de 10 milhões de hectares. A classe campo teve um decréscimo de 6,94 % no período, o que pode estar diretamente relacionado ao investimento florestal no estado e ao aumento da agricultura, que foi de 2,17%. De acordo com SANTOS & SILVA (2011), nas últimas décadas, várias áreas cobertas com campos foram transformadas para outros usos, bem como em pastagens, cultivos intensivos e silvicultura, além da invasão de espécies invasoras ou introduzidas pelos produtores. CRASHAW et al. (2007) consideram que o Rio Grande do Sul teve desenvolvimento econômico primordial vinculado as atividades pastoris em função das pastagens naturais, que são a base dos rebanhos bovino, ovino e equino.

SANTOS & SILVA (2011) utilizaram imagens do satélite Landsat para identificar as modificações na paisagem e problemas do bioma pampa. O estado de conservação do bioma pampa é pouco conhecido, pois a cobertura dos remanescentes é pouco documentada, de modo que, é necessário o monitoramento e investimento na recuperação e recomposição de áreas degradadas em regiões-chaves para incrementar o grau de conectividade da paisagem nesse bioma. Na Tabela 3 podem ser visualizados os resultados dos índices utilizados para avaliação da classificação.

TABELA 3 - Valores de exatidão global, kappa e tau para as classificações testadas.

Sensor	Classificação	G (%)	K	T	Ranking
Landsat 5	Maxver	97,35	0,9687	0,996	1
	Distância mínima	91,43	0,8987	0,885	2
	Paralelepípedo	84,39	0,8143	0,867	3
Landsat 8	Maxver	99,70	0,9964	0,964	1
	Distância mínima	94,05	0,9278	0,920	2
	Paralelepípedo	84,30	0,8364	0,839	3

Onde: G: *Exatidão Global*; K: *Índice Kappa*; T: *Índice Tau*

De acordo com a classificação proposta por LANDIS & KOCH (1977) o valor do índice kappa para todos os classificadores é enquadrada como tendo a sua concordância excelente, de modo que, a partir de 0,80 a classificação se aproxima muito da “verdade terrestre”. Os indicadores de exatidão global e tau também apresentaram resultados satisfatórios. Quanto a acurácia dos classificadores considerando a exatidão global, Kappa e Tau, os melhores resultados foram gerados pelo algoritmo MaxVer, seguido por distância mínima e paralelepípedo.

NASCIMENTO et al. (2016) avaliaram a exatidão dos classificadores MaxVer e Isso cluster do software ArcGis com uso de imagens Landsat. A exatidão global, TAU e coeficiente Kappa foram de 52%, 31% e 44% para o algoritmo MaxVer e 53%, 29% e 45% respectivamente. Ambos os classificadores tiveram um desempenho moderado, porém, o MaxVer ainda apresentou os melhores resultados. MELLO et al. (2012) avaliaram técnicas de classificação supervisionada de imagens Landsat para detecção da cobertura da terra em Rondônia. Dentre os classificadores, o melhor resultado foi gerado por MaxVer, seguido por Paralelepípedo e Mahalanobis.

CONCLUSÃO

Por meio das análises realizadas, foi possível perceber que o algoritmo da máxima verossimilhança foi o que apresentou os melhores resultados. A análise temporal permitiu identificar a variação nas classes temáticas do período, sendo considerada uma ferramenta útil no mapeamento e monitoramento da vegetação.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, R.M.; ALBARICI, F.L.; PINO, M.A.I.T. Mapa digital do escoamento superficial por meio de imagens de sensor remoto na sub-bacia do Rio Mogi Guaçu – MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.9, n.3, p.1-17, 2016. Disponível em: <http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/view/1604/968>
- BENEDETTI, A.C.P.; LIPPERT, D.B.; PEREIRA, R.S.; ALMEIDA, C.M.; CARDOSO, C.D.V.; HENDGES, E.R. Uso do produto MOD13Q1 do sensor MODIS para análise temporal e mapeamento das florestas nas serras do sudeste e campanha meridional do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, v.37, n.3, p. 459-469, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622013000300009>
- CRASHAW, D.; DALL'AGNOL, M.; CORDEIRO, J.L.P.; HASENACK, H. Caracterização dos campos sul-riograndenses: uma perspectiva da ecologia da paisagem. **Boletim gaúcho de geografia**, v. 33, p.233-252, 2007. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/index.php/bgg/article/view/37437/24182>
- CROSTA, A.P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 1992, 170 p.
- ECKHARDT, R.R.; SILVEIRA, C.A.; REMPEL, C. Evolução temporal do uso e cobertura da terra no município de Bom Retiro do Sul- RS, Brasil. **Caminhos de geografia**, v.14, n.47, p.150-161, 2013. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/index.php/bgg/article/view/37437/24182>
- IZIPPATO, F.J.; MIRANDOLA, P.H.; SILVA, R.A.; PIRES, E.V.R. Análise ambiental no sistema de Bacia Hidrográfica do córrego Rio Branco com fins de planejamento ambiental com uso de geotecnologias (1985/2011) – Três Lagoas/MS. **Revista Geonorte**, v.2, n.4, p.1180-1194, 2012. Disponível em: <http://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/viewFile/2180/2050>
- KHATAMI, R.; MOUNTRAKIS, G.; STEHMAN, S.V. A meta-analysis of remote sensing research on supervised pixel-base land cover image classification processes: General guidelines for practitioners and future research. **Remote Sensing of Environment**, v.177, p. 89-100, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2016.02.028>
- LANDIS, J.; KOCH, G. The measurement of observer agreement for categorical data, Washington, USA. **Biometrics**, v.33, n.1, p.159-174, 1977. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/2529310?seq=1#page_scan_tab_contents
- LIPPERT, D.B.; BENEDETTI, A.C.P.; PEREIRA, R.S.; Dinâmica da cobertura florestal no município de Crissiumal – RS durante o período de vinte anos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia**, v.7, n.7, p.1297-1305, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5902/223611705543>
- MARCHESAN, J.; PEDRALI, L.D.; TRAMONTINA, J.; ALBA, E.; MELLO, E.P.; PEREIRA, R.S. Análise da relação entre a evolução florestal e a declividade

utilizando imagens Landsat. **Nativa**, v.4, n.1; p. 53-57, 2016. DOI: 10.14583/2318-7670.v04n01a11

MELLO, A. Y. I.; ALVES, D. S. A.; LINHARES, C. A.; LIMA, F. B. L. Avaliação de técnicas de classificação digital de imagens Landsat em diferentes padrões de cobertura da terra em Rondônia. **Revista Árvore**, v.36, n.3, p.537-547, 2012. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48822958016>

MENESES, P.R.; ALMEIDA, T.; **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Unb, Brasília, 2012, 266p.

NASCIMENTO, I.S.; CRUZ, C.B.M.; NEVES, S.M.A.S.; GALVANIN, E.A.S. Avaliação da exatidão dos classificadores Maxver e Isso cluster do software Arcgis for desktop. **Revista continentes**, ano 5, n.8, p.48-62, 2016. Disponível em: <http://r1.ufrj.br/revistaconti/index.php/continentes/article/view/118>

NOVO, E.M.L.M.; **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 4. Ed. São Paulo – SP, Blucher, 2010.

ROUGIER, S.; PUISSANT, A.; STUMPF, A.; LACHICHE, N.; Comparison of sampling strategies for object-based classification of urban vegetation from Very High Resolution satellite images. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v.51, p.60-73, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2016.04.005>

SANTOS, S.; SILVA, L.G.; Mapeamento por imagens de sensoriamento remoto evidencia o bioma pampa Brasileiro sob ameaça. **Boletim de Geografia**, v.29, n.2, p.49-57, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4025/bolgeogr.v29i2.12366>