

MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS SENTINEL PARA SUBISÓ AO CAR

Raphael Alberto Fuhr Solari ¹, Rômulo José da Costa Ribeiro ², Tamiel Khan Baiocchi Jacobson ²,
Mário Lúcio de Ávila ², Reinaldo José de Miranda Filho ²

¹Projeto RADIS-MT/Finatec/FUP-UnB, Área Universitária, 01, Vila Nossa Senhora de Fátima - Planaltina - Planaltina, Brasília - DF, 73345-010, raphael.fuhr@hotmail.com; ²Faculdade UnB Planaltina – FUP/UnB, Área Universitária, 01, Vila Nossa Senhora de Fátima - Planaltina - Planaltina, Brasília - DF, 73345-010, rjcribeiro@unb.br; tamiel@unb.br; avila@unb.br; rjmiranda@unb.br

RESUMO

O Cadastro Ambiental Rural (CAR) é a mais nova ferramenta de controle da situação ambiental rural nacional, principalmente para as Áreas de Proteção Permanentes (APPs) e Reservas Legais (RL). Para a elaboração do CAR, utiliza-se imagens de satélites para as análises de desmatamento, mas como não há um procedimento definido para isto, esse trabalho visa testar dois métodos de classificação supervisionada: Spectral Angler Mapper (SAM) e Máxima Verossimilhança (Maxver), a partir de imagens do satélite Sentinel-2 em assentamentos localizados no norte do estado do Mato Grosso. Ambos os métodos mostram ótimos resultados para a aplicação no CAR na região abrangido por este estudo, mas é recomendável testá-los em outras regiões do Brasil, para confirmar a aplicabilidade dos métodos no Cadastro.

Palavras-chave — Cadastro Ambiental Rural, Spectral Angler Mapper, Maxver, Sentinel-2, Mato Grosso.

ABSTRACT

The Rural Environmental Registry (CAR) is the newest tool to control the national rural environmental situation, especially for the Permanent Protection Areas (APPs) and Legal Reserves (RL). To do this Registry it is used satellite images, but there is no defined procedure for this, so this work aims to test two methods of supervised classification: the Spectral Angler Mapper (SAM) and the Maximum Likelihood (Maxver) method, which is used for the elaboration of the CAR, using satellite images of the Sentinel-2 satellite for the deforestation analysis, in settlements located in the northern state of Mato Grosso. Both methods show excellent results for the CAR application in the region covered by this study, but it is advisable to test them in other regions of Brazil to confirm the applicability of the methods in the Registry.

Key words — Rural Environmental Registry, Spectral Angler Mapper, Maxver, Sentinel-2, Mato Grosso.

1. INTRODUÇÃO

A nova política de diagnóstico, controle e monitoramento do desmatamento, Cadastro Ambiental Rural (CAR), criada em conjunto à revisão do Código Florestal, possui como principal ferramenta de diagnóstico sobre o uso e a ocupação da terra a análise temporal por meio de imagens de satélite, com a aplicação de algum tipo de classificação automática. Este trabalho visa analisar dois métodos de classificação supervisionados de imagens de satélites: *Spectral Angler Mapper* (SAM) e *Maximum Likelihood Estimation* (MLE), conhecido no Brasil como Máxima Verossimilhança (*Maxver*), a partir de cenas do satélite *Sentinel 2*, de forma a avaliar qual dos dois métodos tem melhor aplicabilidade para o Cadastro.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A aplicação das imagens do *Sentinel-2* é o objeto deste estudo, devido ao fato de ser um satélite novo que se tornou gratuito no ano de 2016. As características do *Sentinel-2* são o sensor multiespectral MSI que possui 13 bandas espectrais que vão desde o visível ao infravermelho de ondas curtas. Com resolução espacial que varia de 10m a 60m, dependendo da faixa espectral, com um campo de visão de 290 km². Esta combinação única de alta resolução espacial com amplo campo de visão representa um grande passo em relação às atuais missões multiespectrais. A missão prevê uma série de satélites, visando à diminuição do período de revisita, o que é mais um fator favorável para a utilização da plataforma [1].

O SAM [2] é um método de classificação supervisionada que considera semelhanças entre dois espectros. O método calcula a diferença angular entre eles a partir da amostra de treinamento definida para cada classe de imagem, permitindo a atribuição de cada espectro da imagem para uma das classes, utilizando-se todas as bandas da imagem para realizar a classificação. O método consiste na utilização do cálculo do ângulo espectral.

A classificação dos *pixels* da imagem para uma das classes se baseia na medição do ângulo entre o espectro das amostras de treinamento e o espectro da imagem no espaço n-dimensional, onde n é o número de bandas. A utilização do método SAM gera uma imagem com um ângulo para cada um dos espectros da amostra de treinamento. O resultado da comparação entre os ângulos da amostra de treinamento com

os ângulos do restante da imagem é o valor da diferença angular. Quanto menor valor da diferença angular de cada *pixel* maior é a semelhança entre a amostra de treinamento com o *pixel* da imagem. A classificação do *pixel* ocorre quando se chega ao menor valor da diferença angular entre todas as classes de treinamento.

O método de classificação supervisionada *Maxver* é um dos métodos mais utilizado, quando se trata da definição de classes em uma imagem. O resultado do método *Maxver* é alcançado por meio da comparação do *pixel* em relação à média dos valores dentro dos limites da classe amostral. Sendo assim, o *pixel* que tiver o valor mais próximo à média de uma das classes amostrais será classificado como pertencente a essa classe. Além disso, o método de classificação considera que, se um *pixel* for classificado de maneira errada, essa classificação não afeta as demais [3].

A área de estudo contém dois pontos orbitais inteiros do *Sentinel-2*, com 290 km no sentido de leste a oeste e 580 km no sentido de norte a sul, totalizando uma área de 168.200 km², reunindo 40 assentamentos da reforma agrária, em 12 municípios do norte do estado do Mato Grosso.

3. RESULTADOS

A partir dos resultados das duas classificações foram construídos gráficos da acurácia geral (Figura 1), das áreas antropizadas (Figura 2) e da classe de vegetação (Figura 3). No Figura 1, é possível observar que os resultados das classificações, em termos gerais, apresentam um padrão semelhante. Mas, ao se analisar os gráficos das classes são percebidas diferenças mais marcantes entre os resultados, principalmente no gráfico da vegetação (Figura 3), em que não há a mesma correspondência de resultados do índice Kappa nos assentamentos.

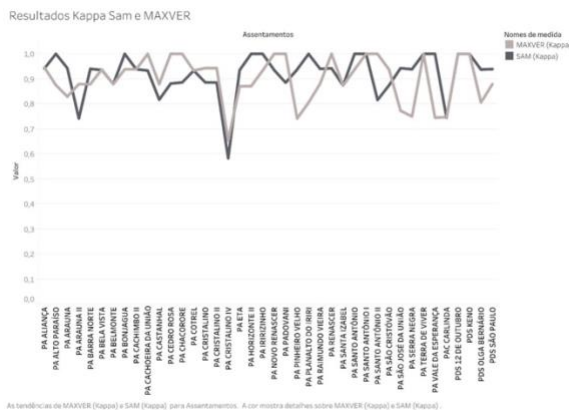


Figura 1. Resultado geral do Kappa para SAM e Maxver.

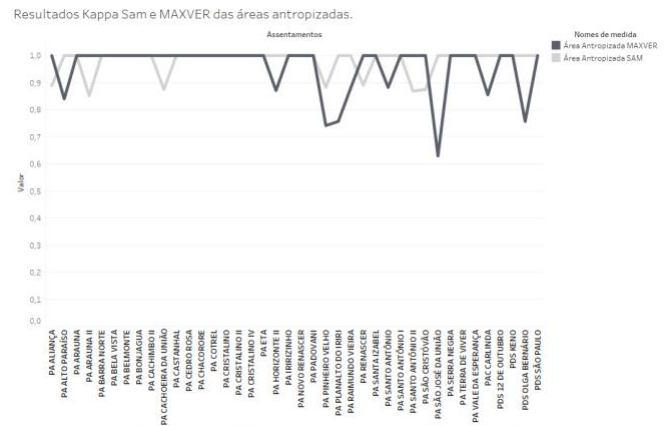


Figura 2. Resultados Kappa para SAM e Maxver das áreas antropizadas.

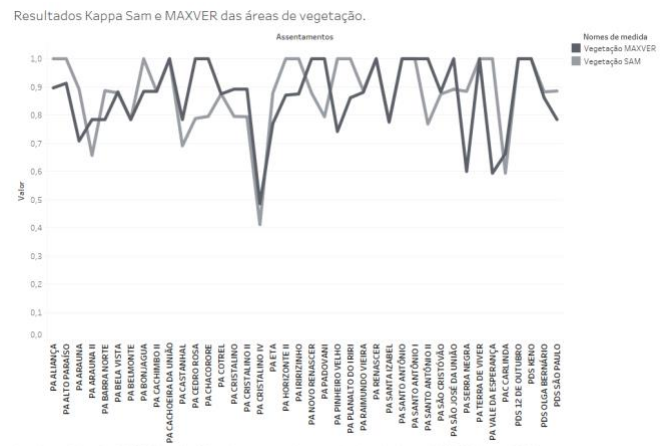


Figura 3. Resultados Kappa para SAM e Maxver das áreas de vegetação.

Ao se analisar os pontos das matrizes de confusão que apresentam discordância entre o que foi classificado e a verdade de campo, obteve-se como resultado que os erros de classificação estavam concentrados nas bordas da classe de vegetação e em áreas que sofrem algum tipo de antropização, ou seja, áreas onde as classes apresentam maior mistura. Esse tipo de erro na classificação já era esperado, pois como há uma mistura entre as classes nos *pixels* das bordas entre a vegetação e as áreas antropizadas, a classe de vegetação se sobressai sobre a área antropizada, porque a vegetação tem uma resposta maior na banda do infravermelho próximo, fazendo com que os métodos tendam a classificar para a classe de vegetação, apesar de a maior parte da área do *pixel* não corresponder à vegetação. Diante desses aspectos, os dois métodos classificaram esses *pixels* de borda como pertencentes à classe de vegetação. Uma solução para esse erro foi aumentar mais as classes para as áreas de borda da vegetação nativa.

A melhor percepção desse tipo de erro aconteceu no pior resultado de ambas as classificações para o PA Cristalino IV (Figura 4) para o *Maxver*, e (Figura 5) para o SAM, que tem

um resultado do índice Kappa geral de 0,6535 para o *Maxver* e 0,5826 para o SAM. Tais índices são considerados substancial e moderado, respectivamente [4]. A classe que provoca essa queda no resultado é a de vegetação nativa que tem o resultado do Kappa de 0,4853, para o *Maxver*, e 0,4111, no SAM, enquanto que para o das áreas antropizadas ambos os métodos têm o *score* máximo, que é 1.

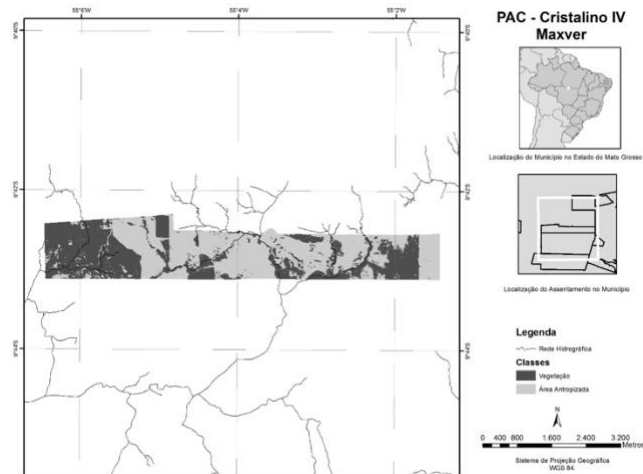


Figura 4. PAC Cristalino IV Maxver.

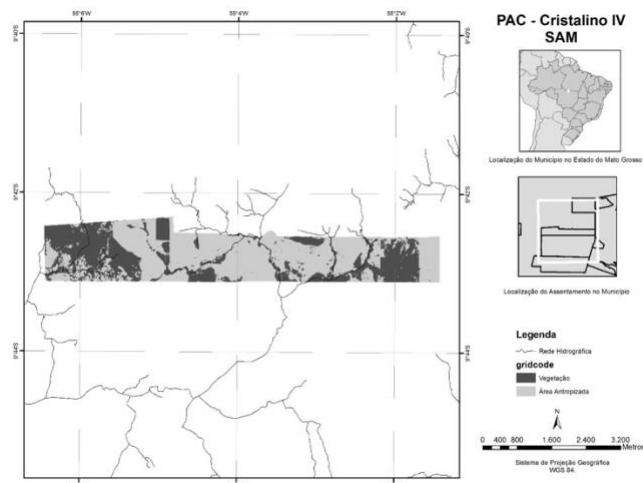


Figura 5. PAC Cristalino IV SAM.

Um resultado que exemplifica o oposto da mistura de classe é o PA Terra de Viver, para o *Maxver* (Figura 6) e para o SAM (Figura 7), que pela ocupação e uso do solo não possui nenhuma área de mistura entre as classes. Devido a esse motivo, obteve o *score* máximo 1 em ambos os métodos, uma classificação quase perfeita [4].

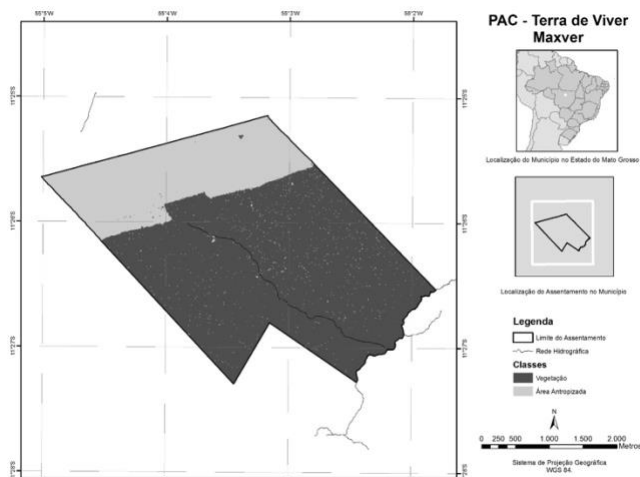


Figura 6. PAC Terra de Viver Maxver.

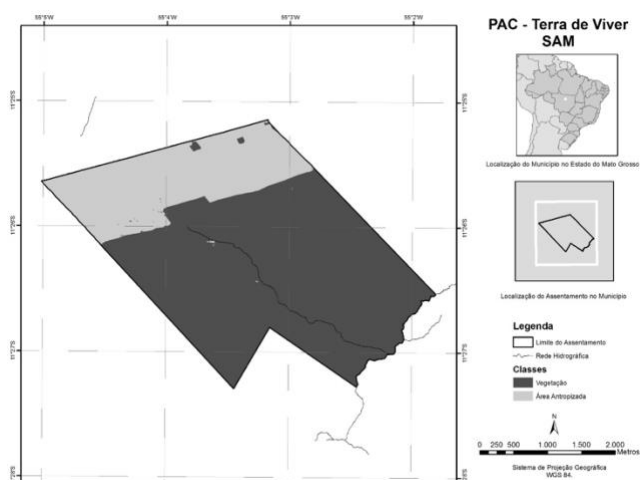


Figura 7. PAC Terra de Viver SAM.

4. DISCUSSÃO

Ao se comparar os resultados obtidos com os identificados na literatura, tem-se que para ambos os métodos os resultados foram altos, como no caso do *Maxver* [5], [6] e [7]. Com referência ao SAM, os resultados apesar de serem mais altos, a diferença é menor. Mas é preciso considerar que os estudos em que o SAM obteve os resultados próximos aos desse trabalho foram utilizados sensores hiperspectrais como o Hypirion [8] e [9], que obtiveram a classificação SAM mais acurada devido à quantidade de bandas, muitas vezes superando a casa das centenas, ou sensores multiespectrais aero transportados [10] que, por possuírem uma alta resolução espacial, tornam a mistura de classes nos *pixels* menores.

Ao analisar os resultados das matrizes de confusão de maneira estatística (Tabela 1), tem-se que a média dos resultados de cada método varia cerca de 0,01905 - uma variação de aproximadamente 2%. Considerando que o intervalo entre as classes varia em 0,1, ou seja, em 10%, uma

variação de 0,01905 ou 2% não possui significância relevante o suficiente para apontar um dos métodos como sendo o que apresenta o melhor resultado [4]. A variância dos métodos também é baixa. A maior variância é a do método *Maxver* com 0,00835, sendo que a diferença entre a variância dos dois métodos é de 0,00103. Os desvios padrões seguem o mesmo padrão, com o maior sendo o *Maxver* com 0,09136 e a variação entre os dois de 0,00578.

	MAXVER	SAM
Variância da área antropizada	0,00856	0,00230
Variância da vegetação	0,01696	0,01728
Variância total	0,00835	0,00732
Media de vegetação	0,86526	0,87813
Media área antropizada	0,95535	0,97831
Media Total	0,90009	0,91914
Desvio Padrão da vegetação	0,13025	0,13144
Desvio Padrão da área antropizada	0,09250	0,04798
Desvio Padrão Total	0,09136	0,08558

Tabela 1. Resultados estatísticos do índice Kappa

Os resultados obtidos nesse trabalho podem ser explicados, em sua maior parte, por três fatores: i) Área de estudo que possibilita uma grande quantidade de *pixels* de treinamento; ii) o número de classes que também está acima do usual, quando se trata desses dois métodos; e iii) o fato de que foram identificadas 137 classes, que posteriormente foram agrupadas em apenas duas. Esses fatores influenciam nos resultados das classificações, porque há uma maior quantidade de *pixels* nas áreas de treinamento e quanto mais essas áreas de treinamento são divididas em classes, torna-se mais fácil para os métodos de classificação supervisionada a obtenção de um melhor resultado, diminuindo, assim, a mistura entre classes. Aliado, a isso, temos o processo de transformação de todas as classificações em apenas duas, o que diminui ainda mais os erros de classificação, por limitar os possíveis erros no processo de obtenção das verdades de campo.

5. CONCLUSÕES

Como estatisticamente nenhum dos métodos SAM e *Maxver* mostrou resultados superiores ao outro, recomenda-se ambos para a utilização no CAR, pois com valores tão altos em suas matrizes de confusão, o governo federal não encontrará dificuldades em analisar os níveis de desmatamento e terá um baixo nível de erros de acurácia nas propriedades rurais, principalmente na área estudada / ou na área sugerida.

Contudo, é pertinente algumas ressalvas. A primeira é que mais estudos devem ser realizados em outras áreas do Brasil,

de preferência em cada bioma, para verificar se os dois métodos terão, ou não, bons resultados, garantindo, assim, um bom aproveitamento pelo governo. A segunda é a realização de testes com menos classes de treinamento e com um menor número amostral de *pixels*, para averiguar qual seria o limite de redução dos parâmetros de treinamento.

6. REFERÊNCIAS

- [1] European Space Agency, “Introducing Sentinel-2”, 2017. Disponível em: <http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2/Introducing_Sentinel-2>. Acesso em: 29 jun. 2017
- [2] Kruse, F.A.; Lefkoff, A.B.; Boardman, J.W.; Heidebrecht, K.B.; Shapiro, A.T.; Barloon, P.J. e Goetz, A.F.H., “The spectral image processing system (SIPS)-interactive visualization and analysis of imaging spectrometer data”, *Remote Sensing of Environment*, v. 44, n. 2-3, pp. 145-163, 1993.
- [3] Richards, J.A. e Ji, X., “Remote Sensing Digital Image Analysis”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ed. 4, 2006.
- [4] Landis, J.R. e Koch, G.G., “The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data”. *Biometrics*, v. 33, n. 33, pp. 159–174, 1977.
- [5] Moreira, A.A.; Fernandes, F.H.S; Almeida, R.P e Nery, C.V.M., “O Algoritmo Support Vector Machine aplicado ao Mapeamento do Uso e Ocupação do Solo”, *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 7, n. 2, pp. 291-303, 2014.
- [6] Nery, C.V.M.; Fernandes, F.H.S; Moreira, A.A e Braga, F.L., “Avaliação das Técnicas de Classificação MAXVER, MAXVER – ICM e Distância Mínima Euclidiana de acordo com Índice Kappa”, *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 6, n. 2, pp. 320-328, 2013.
- [7] Deilmai, B.R.; Ahmad, B.B. e Zabihi, H., “Comparison of two Classification methods (MLC and SVM) to extract land use and land cover in Johor Malaysia”, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v. 20, n. 1, 2014.
- [8] Yagoub, H.; Belbachir, A.H. e Benabadiji, N., “Detection and mapping vegetation cover based on the Spectral Angle Mapper algorithm using NOAA AVHRR data”, *Advances in Space Research*, v. 53, n. 12, pp. 1686-1693, 2014.
- [9] Chikhaoui, M.; Bonn, F.; Bokoye, A.I. e Merzouk, A., “A spectral index for land degradation mapping using ASTER data: Application to a semi-arid Mediterranean catchment”, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 7, n. 2, p. 140–153, 2005.
- [10] Castro, A.I.; Jurado-Expósito, M.; Peña-Brragàn, J.M. e López-Granados, F. “Airborne multi-spectral imagery for mapping cruciferous weeds in cereal and legume crops”, *Precision Agriculture*, v. 13, n. 3, pp. 302-321, 2012.