

Avaliação da qualidade do produto Globcover para o Estado do Mato Grosso, Brasil, por meio de imagens do Google Earth e séries temporais de índices de vegetação derivados de imagens MODIS.

Yosio Edemir Shimabukuro¹, Jane Delane Verona¹, Tiago Bernardes¹, Gabriel Pereira¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil

{yosio, jane, bernati, gabriel}@dsr.inpe.br

Abstract: Globcover is a global land cover map derived from an automated processing chain of 300m resolution MERIS time series and is provided as a major reference for applications such as climate and ecological modeling. The objective of this study was to validate the Globcover product for the State of Mato Grosso – Brazil using Google earth images and temporal profiles of MODIS derived vegetation indices as a support to validate the landcover classes. The Vegetation Map Types produced by Radam Brasil Projects was used as an auxiliary information to check the mapping product. The procedure was divided into 4 steps: i) elaborating a random set of points for each class to validate the map; ii) translating landcover classes described in the Globcover Map into landcover classes as described in Radam Brasil Project; iii) extract temporal profiles of vegetation indices concerning the main landcover classes in the State of Mato Grosso iv) interpreting Google Earth images (reference data) to check the accuracy of Globcover classes. For each of the 16 classes evaluated it was sorted random samples totaling 108 points for the whole study area. Temporal profiles of Enhanced Vegetation Index (EVI 2) were selected from the Visualization of MODIS time-series for land use and landcover change analyses tool developed at National Institute for Space Research within the concept of a Virtual Laboratory of Remote Sensing in order to describe the main land use classes. These profiles can be used to describe the behavior of mapped classes along the period previous the mapping (2000 to 2011) and give support for interpretation of the high resolution imagery by its seasonal dynamics in future mappings. The confusion matrix resulted a kappa index of 0.43 and an overall accuracy of 0.47. These values are lower than those reported on the Globcover Products Description and Validation Report. The six main classes presented about 95% of the area of Mato Grosso State. Class 14 presented the larger area with about 50% of the total mapped and producer and user accuracies of 0.67 and 0.75, respectively. Temporal profiles of EVI showed that the classes describing single land cover types are properly defined since there is a well defined pattern of EVI profile. The classes describing a mixture of land cover types, showed similar temporal profiles of EVI and could not be well discriminated.

Palavras-chave: remote sensing, Globcover-2009 validation, land use cover, sensoriamento remoto, validação do Globcover-2009, cobertura e uso da terra.

1. Introdução

O esforço para se obter mapas de uso e cobertura da terra mais acurados, tanto em escala regional, nacional como global, tem sido o objetivo da comunidade científica em geral. Estes mapas são úteis no entendimento das características e condições dos ecossistemas terrestres (Shimabukuro & Ruddorf, 2006), servem como entrada para modelos de processos de mudança global relacionados ao clima, ciclos biogeoquímicos, ecossistemas (Defries et al., 2002, Pereira et al., 2010), como na avaliação de recursos florestais e agrícolas (Anderson et al., 2005; Shimabukuro & Ruddorf, 2006), entre outros.

O sensoriamento remoto orbital, aliado aos sistemas de informações geográficas, se mostram como ferramentas indispensáveis para esse fim, por possibilitarem a coleta, o armazenamento e processamento das informações do globo ao longo do tempo com a frequência proporcional à velocidade de ocorrência das mudanças naturais e antrópicas.

Nesse sentido, em 2005 um projeto coordenado pela Agência Espacial Européia (ESA), denominado GLOBCOVER, representou uma das iniciativas de avaliação consistente do mapeamento do uso e cobertura da terra global em escala regional (Bicheron et al., 2008). O GLOBCOVER-2009 (GC-09) é o segundo mapa de uso e cobertura global com 300 m

produzido pela ESA em conjunto com outras instituições a partir da classificação automática das séries temporais do sensor MERIS (Bontemps et al., 2010).

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade do mapa de uso e cobertura da terra produzido pelo projeto GC-09 para o estado do Mato Grosso, Brasil. Esse estado foi escolhido por apresentar grande representatividade na produção agrícola do país e uma dinâmica de uso e ocupação que vem se intensificando nas últimas décadas, além de abranger diversos ecossistemas que vêm sendo pressionados pela pastagem e agricultura.

2. Metodologia

A validação dos dados se deu através de quatro fontes, usadas em conjunto ou em parte: (a) mapa de vegetação realizado pelo projeto RadamBrasil em 1982-1984 (SIPAM, 2004), (b) composição colorida R1 G2 B6 do MODIS (250m), (c) imagens com a melhor resolução disponível do Google Earth, e, quando necessário, (d) séries temporais EVI 2 - MODIS, como pode ser visualizado no fluxo de atividades a seguir (Figura1):

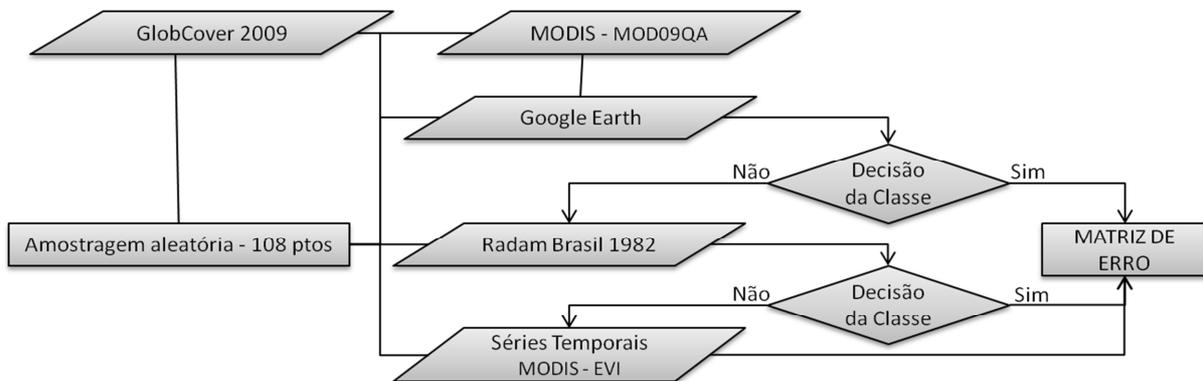


Figura 1: Fluxograma das atividades realizadas.

2.1. GLOBCOVER-2009

O mapa de cobertura da terra utilizado é produzido pela classificação automatizada de uma série temporal dos mosaicos do sensor MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer) para o ano de 2009, com 300m de resolução. O modelo é descrito por uma legenda com 22 classes em escala global definidas pelo sistema de classificação de cobertura da terra (LCCS) da FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação).

A precisão geral do mapeamento do GLOBCOVER-2009 foi de até 67,5% e, de acordo com a descrição do relatório de validação (Arino et al., 2011), a qualidade do mapa varia de acordo com a classe temática e a região de interesse. O processo de validação é realizado por uma equipe internacional de especialistas e um ambiente dedicado a trabalhar na coleta de dados buscando a "verdade terrestre".

O mapa global produzido pelo projeto GC-09 e disponibilizado no endereço <http://ionial.esrin.esa.int/>, foi recortado para a área de estudo (estado do Mato Grosso), conforme ilustrado na Figura 2. O resultado do mapeamento do GC-09 produziu 22 classes de uso da terra dentre as quais 16 dentro do estado do Mato Grosso, como apresentado na Tabela 1.

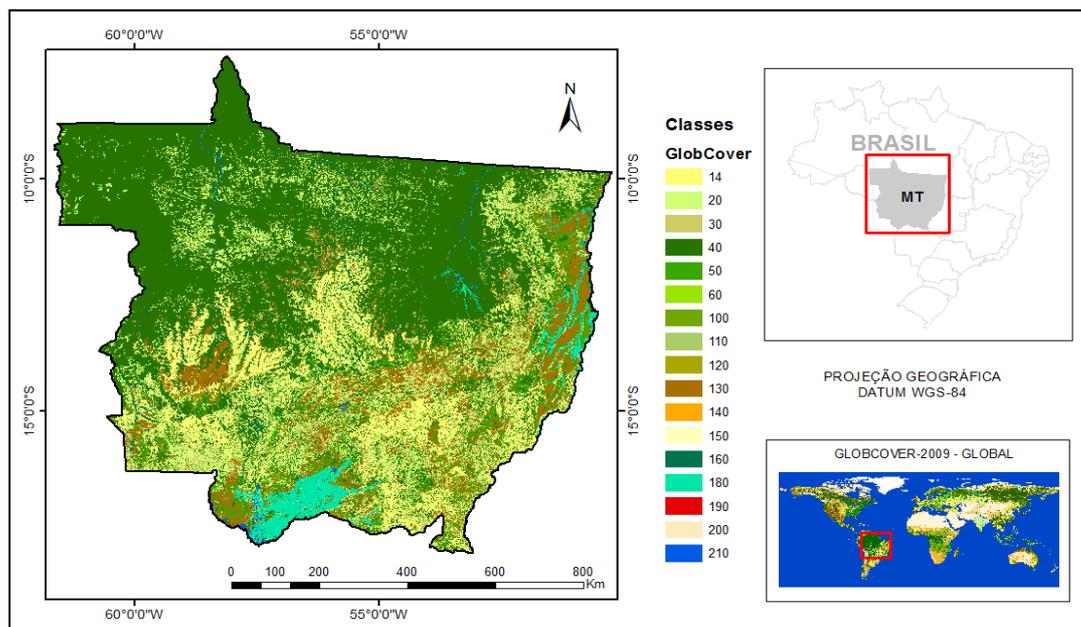


Figura 2: Mapa de uso e cobertura da terra para o estado do Mato Grosso obtido a partir dos dados MERIS pelo Projeto Globcover-2009.

Tabela 1: Descrição das classes de uso e cobertura da terra presente no estado.

Nº	Classe de uso e cobertura da terra	
14	Agricultura não irrigada	
20	Mosaico Cultivo (50-70%) / Pastagem, arbusto, floresta (20-50%)	
30	Mosaico Pastagem, arbusto, floresta (50-70%) / Cultivo (20-50%)	
40	Floresta Ombrófila Densa ou Floresta Semidecidual	
50	Floresta Estacional Decidual Densa	
60	Floresta Estacional Decidual Aberta	
110	Mosaico Floresta e vegetação arbustiva (50-70%) / Pastagem (20-50%)	
120	Mosaico Pastagem (50-70%) / Floresta e vegetação arbustiva (20-50%)	
130	Vegetação Arbustiva Densa	
140	Vegetação Herbáceo-arbustiva	
150	Vegetação Esparsa	
160	Floresta Ombrófila Densa regularmente alagada	
180	Pastagem ou Floresta Estacional regularmente alagada	
190	Superfícies artificiais e áreas urbanas	
200	Solo exposto	
210	Corpos de água	

2.2. Amostragem aleatória dos dados

A escolha aleatória dos pontos foi feita dentro do aplicativo ArcGIS, sendo escolhidos até 8 pontos para cada classe (16 classes para o estado), com uma distância mínima de 2 km entre os pontos, resultando em um total de 108 pontos. A distância mínima permitida entre os pontos foi de 2 km de maneira a impedir a amostragem de vários pontos em áreas muito pequenas. Uma tabela foi criada com as coordenadas (X,Y) de cada ponto, além das classes de uso da terra do GC-09 e então foram importados para o ambiente Google Earth. Para cada ponto foram visualizadas as imagens com melhor resolução espacial possível dentro do ano de 2009, ou mais recente, como referência para definição da classe de uso.

2.3. Validação dos dados

A principal ferramenta de validação utilizada como “verdade terrestre” foi o *Google Earth*, cujo programa de informação geográfica aliado ao mapa virtual do globo fornece o mapeamento da Terra pela superposição de imagens de alta (ou muito alta) resolução espacial obtidas de imagens de satélite e/ou fotografia aérea (Bicheron et al., 2008).

O RadamBrasil produzido na escala 1:250.000 pelo projeto RadamBrasil (1982), foi o mapa de vegetação utilizado para enquadrar o tipo de vegetação visualizado a uma classe de uso comumente reconhecida nos mapeamentos oficiais no Brasil (Figura 3a).

A composição colorida do sensor MODIS (MOD09QA), plataforma Terra, coletada no dia 04 de junho de 2009, nas bandas 1, 2 (250 m) e 6 (500m reamostrada para 250m), foi utilizada como informação auxiliar, com o intuito de se verificar o limite aproximado de cada classe, já que as imagens utilizadas no projeto GC-09 (sensor MERIS) possuem resolução de 300m, como pode ser observado na Figura 3b.

Quando essas imagens ou fotografias correspondiam a uma época diferente da do ano do mapeamento analisado (2009), ou nos casos de dúvida, foram utilizadas as séries temporais EVI 2 do MODIS (Freitas et al., 2011), disponíveis no endereço <http://www.dsr.inpe.br/laf/series/mapa.php>. Essas séries permitem que sejam realizadas análises de mudanças de uso e cobertura da terra desde 2000, ano de início de coleta dos dados, de modo rápido, inserindo-se a coordenada do ponto a ser verificado.

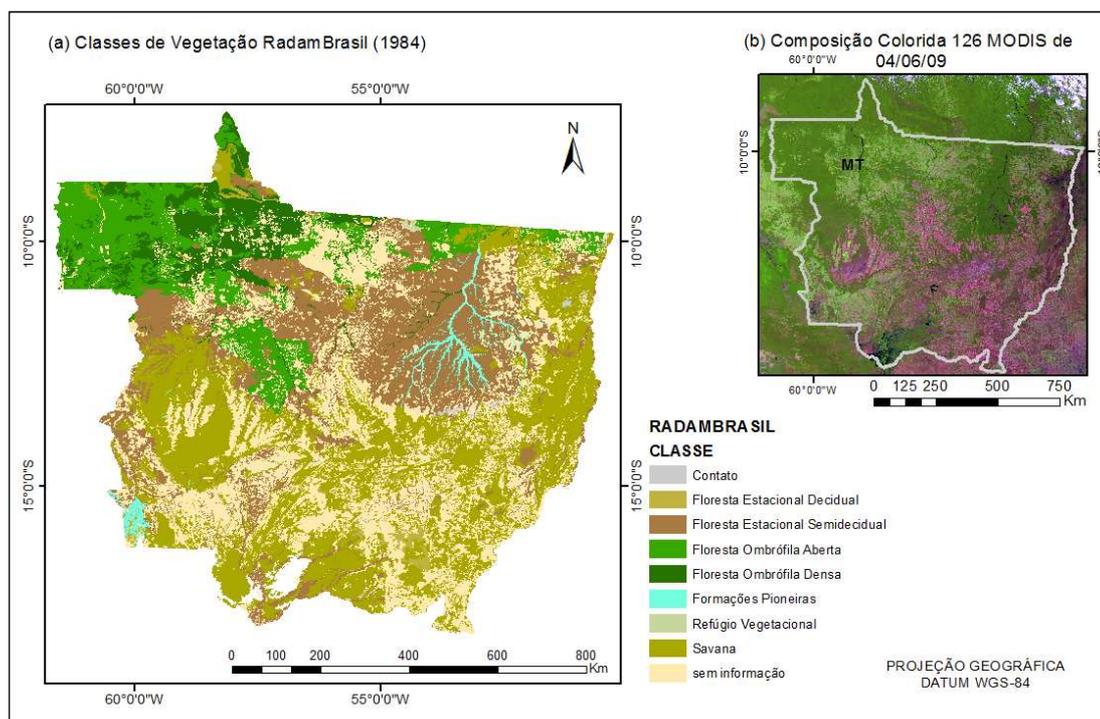


Figura 3: (a) Mapa de vegetação do RadamBrasil (1982) e (b) Composição colorida B1G2R6 do sensor MODIS de 4 de junho de 2009.

2.4. Avaliação da Exatidão

Visando avaliar a acurácia do mapa GC-09 com relação à validação proposta, foi calculado o índice Kappa, juntamente com os seguintes parâmetros estatísticos: acurácia geral do mapa, acurácia de cada classe temática, erros de omissão e erros de comissão das classes (Remote Sensing Resources, 2012). Esses índices foram dispostos em uma matriz de confusão, também denominada tabela de contingência.

3. Resultados e Discussão

A proporção das classes do GlobCover-2009 para o estado do Mato Grosso é apresentada na Figura 4. Observa-se que das 16 classes de uso mapeadas para o estado do Mato Grosso, as seis classes mais expressivas em porcentagem de superfície somam 95,2% da área do Estado, e, considerando ainda as classes 160, 180 e 210, que correspondem às áreas inundadas ou corpos d'água, esse valor sobe para 99,6%, ou seja, quase 100% explicado em nove classes.

A seguir serão apresentadas as séries temporais EVI 2 do MODIS para as classes seis mais representativas e a validação dos dados a partir da matriz de erro dos pontos verificados.

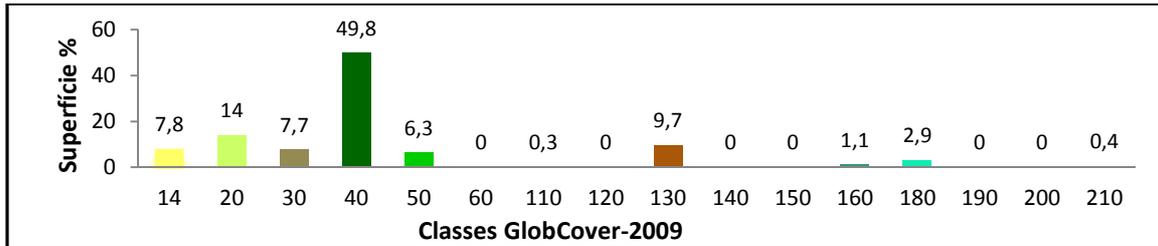


Figura 4: Proporção das classes GlobCover-2009 para o estado do Mato Grosso.

3.1. Séries temporais de EVI 2 MODIS das principais classes

A Figura 5 apresenta as assinaturas típicas das classes mais representativas do estado. Nota-se que as classes que representam exclusivamente cultivos agrícolas (classe 14) ou em composição com outros tipos de cobertura (classes 20 e 30), apresentam maior variação do EVI 2 ao longo da série temporal observada em comparação com as classes representativas de cobertura nativa (classes 40, 50 e 130). Tal fato se deve à variação da biomassa foliar para cultivos agrícolas ao longo do ciclo da cultura em função da colheita. A classe 14 apresenta o padrão mais bem definido de picos de EVI 2 no início e meio do ano indicativos das 2 safras de culturas anuais (soja, milho, algodão, etc) comumente cultivados no Mato Grosso. Os valores mínimos observados na série correspondem ao período de colheita e preparo de solo para a safra consecutiva. Esta classe, por ser composta exclusivamente de uso agrícola, apresenta o padrão mais bem definido indicando uma boa adequação da legenda do mapeamento GC-09.

As classes 20 e 30, por se tratar de uma associação de uso agrícola com outros tipos de cobertura, apresentam um padrão mais disperso com menor amplitude de variação do EVI ao longo do ano em função da influência da ocupação por pastagens, arbustos e florestas no comportamento do índice. Embora estas 2 classes apresentem séries temporais de EVI 2 bem distintas das classes sem mistura de ocupação (classe 14 – apenas uso agrícola e classes 40, 50 e 130 – apenas florestas ou vegetação arbustiva densa), sua distinção pelo percentual de cultivo não se reflete nos padrões de EVI 2 ao longo dos anos. Isto sugere uma dificuldade de separação destas classes.

A classe 40 (Floresta Ombrófila Densa ou Floresta Semidecidual) apresenta uma série temporal bem típica de vegetação florestal com pequenas variações ao longo do ano, exceto no ano de 2010, indicando um provável desmatamento no ponto amostrado.

As classes 50 e 130 apresentam-se bem semelhantes, no entanto a classe 50 (Floresta Estacional Decidual Densa) apresenta valores ligeiramente superiores àqueles da classe 130 (Vegetação Arbustiva Densa), justificando a sua distinção na legenda do GC-09.

A regularidade das séries temporais de cada classe ao longo do período observado indica a não alteração da cobertura vegetal nos pontos amostrados para validação eliminando eventuais erros de interpretação decorrentes da diferença de datas entre o mapeamento do GC-09 e as imagens do Google.

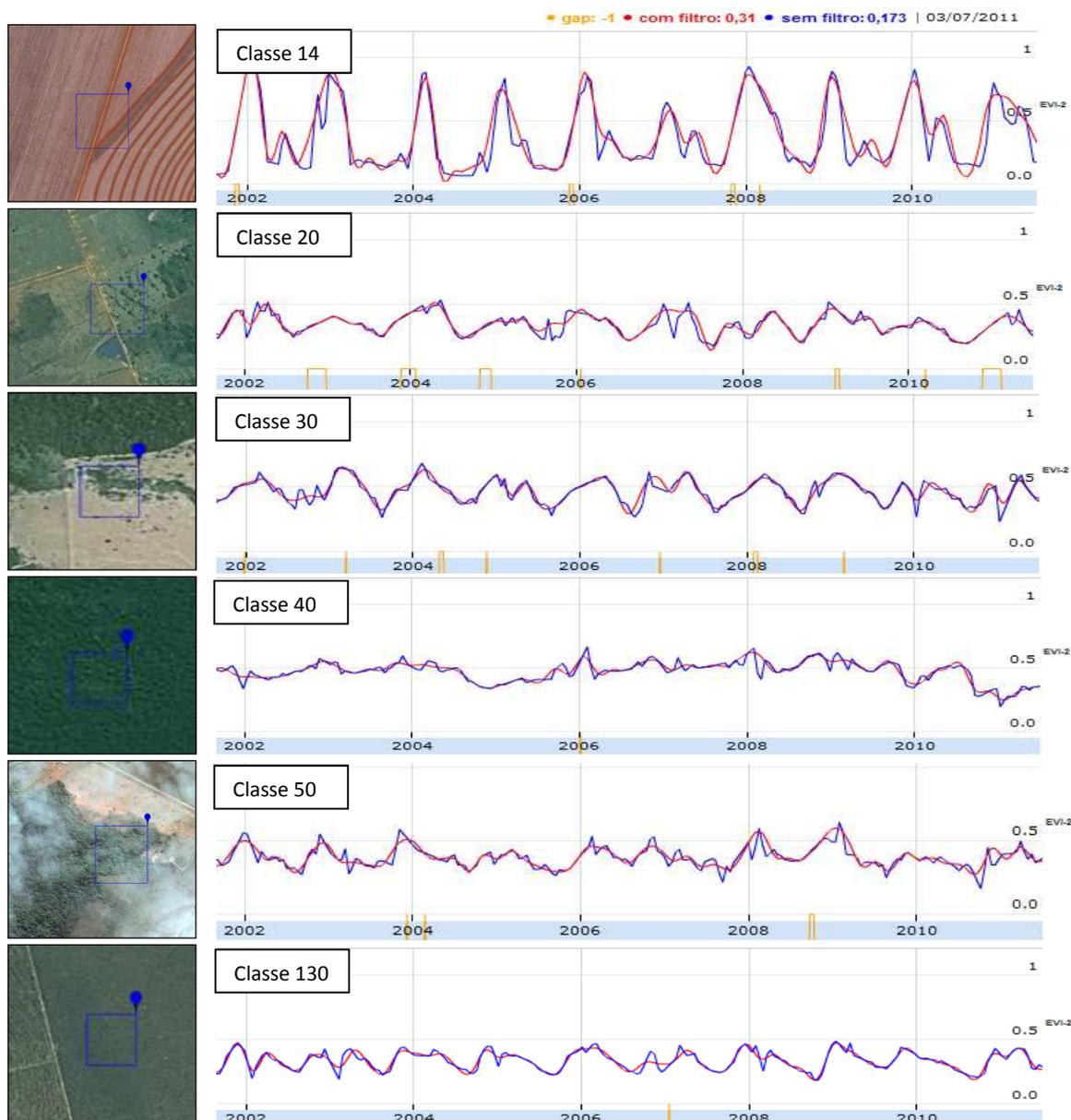


Figura 5: Imagem do Google Earth ao lado das séries temporais EVI 2 MODIS das seis classes de uso da terra mais expressivas do estado do Mato Grosso.

3.2. Validação dos dados

A partir das fontes utilizadas, foi possível checar e validar por interpretação visual as classes do GC-09 e com isso preencher a matriz de confusão. A Tabela 2 apresenta a matriz de confusão considerando as 16 classes que ocorrem no estado do Mato Grosso.

A acurácia geral (Índice Global) do mapa foi de 47% ($AM=51/108$) e a acurácia média das 16 classes foi de 44,2%. O valor de Kappa encontrado foi de 43,3%.

Para a classe com maior ocupação em área no Estado (classe 40), 33% dos pontos identificados nos dados de referência, foram omitidos no mapeamento GC-09, resultando numa acurácia do produtor de 67%. Por outro lado 25% desta classe, conforme mapeada pelo GC-09 corresponde a outras classes nos dados de referência (erros de comissão) resultando numa acurácia do usuário de 75%.

A segunda classe mais representativa em termos de área foi a classe 20 e o mapeamento GC-09 apresentou omissão de 50% dos pontos correspondentes a esta classe nos dados de

referência. Os erros de comissão para esta classe também foram de 25%. A classe 130 apresentou erros de omissão e comissão de 63%, resultando em acurácia do produtor e do usuário de apenas 27%. Dentre as classes mais representativas em termos de área, esta classe foi a segunda mais superestimada.

Tabela 2: Tabela de Contingência ou Matriz de Confusão

		PRODUTO: GLOBCOVER-2009 - Mapa de Uso da Terra															S	%EO		
		14	20	30	40	50	60	110	120	130	140	150	160	180	190	200			210	
REFERÊNCIA: Google Earth; RadamBrasil	14	7		3				1	1		2					1		14	53	
	20		6	4	1						1								12	50
	30			0	1														1	100
	40	1			6		1							1					9	33
	50					1													1	0
	60					1	0												1	100
	110					1		6			1								8	25
	120					1			1	1				3					6	83
	130		1	1		2			1	3									8	63
	140					1	1	1	2	3	3	1					2		14	79
	150		1			1			1	1		0	2	1					7	100
	160						1				1	1	2				1	1	7	71
	180								2					7					9	22
190														2				2	0	
200																0		0	100	
210											1						7	8	13	
Soma(S)		8	8	8	8	8	3	8	8	8	8	3	8	8	2	4	8	108		
%EC		13	25	100	25	88	100	25	88	63	63	100	75	13	0	100	13			
IG		47																		
Kappa		43.3																		

Para a classe 14, referente a cultivos de sequeiro, foram omitidos 53% dos pontos identificados como áreas agrícolas nos dados de referência (acurácia do produtor igual a 47%) e apenas 13% desta classe correspondem a outras classes nos dados de referência (acurácia do usuário igual 87%).

A classe 30, que inclui uma proporção de 20 a 50% de cultivos agrícolas em associação com um mosaico de pastagem, arbusto, floresta, não apresentou nenhum acerto.

A classe 50 apresentou 0% de erros de omissão (acurácia do produtor de 100%). Entretanto os erros de comissão foram altos – 88% dos pontos mapeados como correspondentes a esta classe no GC foram identificados como outro tipo de cobertura nos dados de referência resultando na classe mais superestimada. Dentre as classes mais expressivas em área ocupada, esta classe e a classe 130, ambas representando variações de vegetação florestal, foram as mais superestimadas. Estes resultados concordam com outros estudos que também reportam a superestimativa de áreas de florestas pelo GC (Bontemps et al., 2011; Pereira et al., 2010).

As três classes incluindo cultivos agrícolas (14, 20 e 30) apresentam tendências a superestimativas que aumentam à medida em que diminui o percentual de área cultivada na composição do mosaico que representa a classe. Como era de se esperar, as classes compostas por mosaicos resultam em maior dificuldade de identificação e associação a um tipo de cobertura identificada nos dados de referência. Dentre elas, a 14, composta exclusivamente

por uso agrícola foi a melhor identificada pelos dados GC-09. Contudo, estudos dedicados a mapeamento de áreas agrícolas no Estado do Mato Grosso (Bernardes et al., 2011; Epiphanyo et al., 2010;) apresentam exatidões de mapeamento melhores do que os aqui encontrados.

4. Conclusões

O mapeamento GC apresentou uma exatidão geral de 47% e índice Kappa de 43,3%. Estes valores são menores do que aqueles encontrados no relatório de validação global do GC. A acurácia da classe 40, com cerca de 50% de ocupação da área total do Estado do Mato Grosso foi de 67% (acurácia do produtor) e 75% (acurácia do usuário). Dentre as classes com uso agrícola, a classe 40, composta exclusivamente por uso agrícola foi a melhor identificada. As classes com uso agrícola associado a pastagens e floresta, apresentam dificuldade de diferenciação visto que suas assinaturas nas séries temporais de EVI 2 são similares. As classes com coberturas florestais, de maneira semelhante à classe 14, também podem ser bem diferenciadas uma vez que apresentaram um padrão temporal típico para cada uma. De maneira geral, embora as exatidões sejam baixas, as classes que contemplam um tipo exclusivo de cobertura, ou seja, sem associação com outros tipos de cobertura, podem ser melhor identificadas que aquelas constituídas de associação de tipos.

5. Referências

- Anderson, L. O.; Shimabukuro, Y. E.; Lima, A.; Medeiros, J. S. Mapeamento da cobertura da terra do estado do Mato Grosso através da utilização de dados multitemporais do sensor MODIS. *Geografia (Rio Claro)*, v. 30, n. 2, p. 365-380, 2005. (INPE-13932-PRE/9112).
- Bernardes, T.; Adami, M.; Formaggio, A. R.; Moreira, M. A.; França, D. A.; Novaes, M. R. de Imagens mono e multitemporais MODIS para estimativa da área com soja no estado de Mato Grosso. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* [online] v.46, n.11, pp. 1530-1537, 2011. ISSN 0100-204X. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001100015>
- Bicheron, P.; Defourny, P.; Brockmann, C.; Schouten, L.; Vancutsem, C.; Huc, M.; Bontemps, S.; Leroy, M.; Achard, F.; Herold, M.; Ranera, F.; Arino, O. “GlobCover 2005 – Products description and validation report”, Version 2.1, 2008. Available on the ESA IONIA website (<http://ionia1.esrin.esa.int/>).
- Bontemps, S.; Van Bogaert, E.; Defourny, P.; Kalogirou, V.; Arino, O. “GlobCover 2009 – Products Description Manual”, version 1.0, December 2010. Available on the ESA IONIA website (<http://ionia1.esrin.esa.int/>).
- Epiphanyo, R. D. V.; Formaggio, A. R.; Ruforff, B. T. F.; Maeda, E. E. Estimating soybean crop areas using spectral-temporal surfaces derived from MODIS images in Mato Grosso, Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* [online] v.45, n.1, p.72-80, 2010. ISSN 0100-204X. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2010000100010>.
- Freitas, R. M.; Arai, E.; Adami, M.; Souza, A. F.; Sato, F. Y.; Shimabukuro, Y. E.; Rosa, R. R.; Anderson, L. O.; Rudorff, B. F. T. Virtual laboratory of remote sensing time series: visualization of MODIS EVI2 data set over South America. *Journal of Computational Interdisciplinary Sciences* (2011) 2(1):57-68. DOI: 10.6062/jcis.2011.02.01.0032. <http://www.epacis.net/jcis>
- Pereira, G., Takeda, M. M. G.; Shimabukuro, Y. E.; Cardozo, F. Da S; Silva G. B. S.; Moraes, E. C.; Silva, F. B.; Coura, S. M. da C. O uso de produtos operacionais de sensoriamento remoto para a análise ambiental na América do Sul. *Revista Ambiente & Água - An interdisciplinary Journal of Applied Science*, Taubaté, v. 5, n. 3, 2010. p. 157-171. DOI 10.4136/ambi-agua.160.
- Shimabukuro, Y. E.; Rudorff, B. F. T. Dados do sensor MODIS para o mapeamento e monitoramento da cobertura vegetal e uso da terra. Anais 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, Brasil, 11-15 novembro 2006, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.929-938.
- SIPAM; IBGE – Sistema de Proteção da Amazônia; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cuiabá: Vegetação. SIVAM – mapeamento escala 1:250.000 baseado no projeto RADAM BRASIL (1981 e 1982). 2004.
- Remote Sensing Resources. Remote Sensing Guides - Image Interpretation and Classification. Disponível em: <http://geospatial.amnh.org/remote_sensing/guides/image_interp/accuracy_assessment.html>. Acesso 07/2012.