

ERROS DE INCLUSÃO EM “HIGH-RESOLUTION GLOBAL MAPS OF 21ST-CENTURY FOREST COVER CHANGE” NOS BIOMAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Thainá Guimarães Rocha¹, Eduarda Martiniano de Oliveira Silveira², Luiza Imbroisi Ferraz Cunha³,
Álvaro Salgado Araújo Silva Pinto⁴ e Fausto Weimar Acerbi Junior⁵

Departamento de Ciências Florestais (DCF), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais, Brasil. -

¹thaina.g.rocha@gmail.com; ²dudalavras@hotmail.com;

³luiza.1302@gmail.com; ⁴alvarosalgado96@yahoo.com.br; ⁵fausto@dcf.ufla.br

RESUMO

Diversos mapeamentos visando analisar perdas em coberturas vegetais são realizados nos dias atuais graças à melhorias tecnológicas de imagens de satélites. Este trabalho apresenta uma análise de erros de inclusão do mapeamento global de mudanças na cobertura florestal realizado em “*High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change*” através da interpretação visual comparativa, utilizando imagens dos satélites *Landsat 5* e *Landsat 8*, em 3 diferentes biomas no estado de Minas Gerais. Verificou-se altos valores de erros de inclusão, derivados de efeitos da sazonalidade, da definição de “cobertura florestal” utilizada e erros de classificação. A partir desses resultados podemos concluir que não é recomendado o uso de mapas de mudanças na cobertura vegetal sem acompanhamento de dados auxiliares e sem análise prévia específica para a região de interesse.

Palavras-chave — Mapeamento, monitoramento, desmatamentos, acurácia da classificação.

ABSTRACT

Several mappings aiming to analyze vegetation cover losses are carried out today thanks to the technological improvements of satellite images. This paper presents an analysis of inclusion errors in the “*High-resolution global maps of the 21st century forest cover change*” through comparative visual interpretation, using images from the *Landsat 5* and *Landsat 8* satellites in 3 different biomes of Minas Gerais state, Brazil. There were high values of inclusion errors due to seasonal effects, the definition of “forest cover” used and misclassification errors. From these results we can conclude that using cover change maps without auxiliary data and without prior analysis of the specific region of interest is not recommended.

Key words — Mapping, monitoring, deforestation, classification accuracy.

1. INTRODUÇÃO

Os biomas Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica ocupam aproximadamente 48% do território nacional [1]. A Mata Atlântica, um *hotspot* de floresta tropical, apresenta um alto nível de endemismo, é muito fragmentada pela agricultura, plantios de espécies exóticas como *Pinus* e *Eucalyptus*, e pela presença de áreas urbanas, como o Rio de Janeiro e São Paulo [2]. A Caatinga possui um aspecto seco e tem suas fisionomias dominadas por cactos e arbustos, sugerindo baixa diversificação da flora e fauna, apresenta relativamente baixa característica de endemismos, e ainda não atingiu altos níveis de degradação como do Cerrado e da Mata Atlântica. Outro *hotspot* brasileiro, o Cerrado, é a savana mais rica em diversidade botânica do mundo e acomoda diversas espécies de plantas, aves, peixes, répteis, anfíbios e insetos endêmicos [3], mas infelizmente é encarado, até hoje, como fronteira agrícola pronta para ser desmatada e não como um bioma portador de uma das mais importantes biodiversidades do planeta [4].

Com o intuito de monitorar e quantificar os desmatamentos no Brasil, diversos métodos foram criados desde a década de 80. Atualmente, existem alguns sistemas de monitoramento no Brasil, sendo a maioria voltados para a Amazônia Legal. O Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite (PMDBBS), criado em 2008 a partir de dados remanescentes do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO), primeiro mapeamento digital para o Brasil datado em 2002, utiliza imagens dos satélites *Landsat* e *CBERS* para identificar possíveis desmatamentos no interior das áreas com vegetação nativa, através da interpretação visual comparativa no programa *Esri ArcGis*. Devido a importância do bioma Cerrado, foi desenvolvido, em 2006, o primeiro sistema de monitoramento específico para o mesmo. O SIAD Cerrado (Sistema Integrado de Alerta de Desmatamentos) utiliza um processo semiautomático, baseado no mapeamento gerado pelo TerraClass Cerrado, com imagens índice de vegetação do sensor *MODIS* (*Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer*), satélite TERRA, produto MOD13Q1, com resolução espacial de 250 metros [5]. Além do índice de vegetação *NDVI* (*Normalized Difference Vegetation Index*), são também utilizadas as bandas espectrais do infravermelho médio, infravermelho próximo, vermelho e pixel *reliability* (imagem qualidade) [6][7]. Ambos os sistemas de

monitoramento possuem aspectos negativos, como emitir alertas falsos de desmatamentos em consequência de causas intrínsecas dos satélites e extrínsecas como queimadas, sazonalidade da vegetação e precipitação. E mesmo sendo específico para o Cerrado, o SIAD Cerrado apresenta diferenças significativas quando comparado com o PMDBBS, devido à resolução espacial das imagens MODIS [8].

O estudo “*High-Resolution Global Maps of 21st Forest Cover Change*” [9], apresenta a análise e mapeamento das mudanças de cobertura vegetal florestal no mundo a partir do ano 2000, utilizando imagens do satélite *Landsat*, de resolução espacial de 30 metros. As mudanças foram definidas a partir de distúrbios nas copas das árvores visualmente identificados nas imagens. O mapa gerado por Hansen e colaboradores [9] cria oportunidades para estudos sobre o desmatamento nas áreas de Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica, porém, existe a necessidade de validação, já que é um mapa global e pode não considerar as singularidades dos biomas brasileiros, tal como a sazonalidade, podendo acarretar erros de inclusão.

Portanto, este estudo teve como objetivo analisar o potencial do “*High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change*”, quantificando os erros de inclusão nos biomas Cerrado, Caatinga e Floresta Atlântica no estado de Minas Gerais (MG), Brasil, no período de 2007 a 2017.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo compreendeu 5 cenas (*path/row*) do satélite *Landsat* distribuídas no estado de MG, abrangendo os diferentes biomas: Cerrado, Caatinga e Floresta Atlântica (Figura 1).

Foram utilizadas imagens dos satélites *LANDSAT 5 (Thematic Mapper - TM)* e *LANDSAT 8 (Operational Land Imager - OLI)*, com resolução espacial de 30 metros adquiridas a partir do portal *USGS Earth Resources Observation and Science (EROS)* entre os anos de 2006 a 2017, totalizando 55 imagens (Tabela 1).

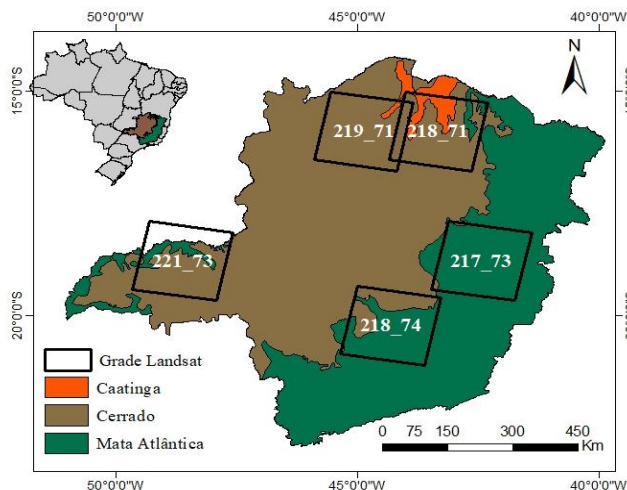


Figura 1. Mapa do Brasil, destacando o estado de Minas Gerais com seus biomas e cenas *Landsat* utilizadas.

ANO	PATH_ROW				
	217_73	218_71	218_74	219_71	221_73
2006*	21/dez	26/nov	23/set	14/set	12/set
2007*	14/mai	24/jul	22/jun	12/mai	26/mai
2008*	05/set	12/set	07/mai	30/mai	26/abr
2009*	07/ago	15/set	13/jul	04/jul	18/jul
2010*	06/mai	17/ago	13/mai	05/jun	02/mai
2011*	09/mai	20/ago	19/jul	24/jun	06/jun
2012**	-	-	-	-	-
2013***	02/ago	21/mai	05/mai	13/jun	29/jul
2014***	05/ago	15/out	12/mai	12/mar	27/abr
2015***	25/set	02/out	31/ago	06/ago	04/ago
2016***	10/ago	16/jul	18/set	08/ago	06/ago
2017***	06/mar	04/ago	04/ago	11/ago	09/ago

*Satélite: *Landsat 5 (Thematic Mapper - TM)*.

**Não possui imagens do satélite *Landsat* para este ano.

***Satélite: *Landsat 8 (Operational Land Imager - OLI)*.

Tabela 1. Datas das imagens *Landsat* selecionadas em cada ano.

Em “*High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change*”, foram detectadas mudanças na cobertura florestal em escala global, considerando cobertura florestal toda vegetação maior que 5 metros de altura. A detecção não diferenciou se as mudanças ocorreram em áreas nativas ou em áreas plantadas, e se foram causadas por fogo, atividades antrópicas, tempestades ou doenças.

Para estimar o erro de inclusão no estado de Minas Gerais, realizou-se uma amostragem com 100 polígonos de mudança de diferentes classes de tamanho em cada cena *Landsat* para a realização da análise visual.

Os polígonos amostrados que apresentaram alteração na cobertura do solo foram classificados como ‘m’ (mudança) e os polígonos que não apresentaram mudanças na cobertura do solo, ou alterações em áreas de plantios ou florestas plantadas (eucalipto e pinus) foram classificados como ‘nm’ (não mudança).

A validação foi realizada através da matriz de confusão para cálculo dos erros de inclusão. As análises foram realizadas por bioma, considerando também a área de cada polígono de desmatamento. A matriz de confusão ajuda a melhorar a classificação, pois fornece uma base descrevendo a precisão da classificação e caracterizando os erros [10]. A partir da matriz, são obtidas a acurácia global, que é a somatória dos objetos classificados corretamente na diagonal principal dividida pelo número total de amostras da matriz; a acurácia do usuário, também conhecida como erros de inclusão, é calculada pelo número total de pixels corretamente classificados de uma classe dividido pelo número total de pixels classificados da mesma classe (Figura 2); e a acurácia do produtor que é calculada dividindo o total de pixels corretamente classificados em

uma classe pelo total de pixels pertencentes a esta classe segundo as amostras de campo (erros de exclusão) [11].

$$\text{Acurácia do usuário} = \frac{n_{ii}}{n_{i+}}$$

onde,

n_{ii} = número de observações corretamente classificadas por classe;

n_{i+} = número total de observações classificadas na classe, ou o total por linha da matriz.

Figura 2. Fórmula Acurácia do usuário (Erro de Inclusão).

3. RESULTADOS

Na validação das mudanças considerando todos os biomas, o erro de inclusão total foi de 66,13%. Dentro das classes de tamanho analisadas, as áreas com mais de 100 ha apresentaram os maiores erros de inclusão (81,47%) (Figura 3).

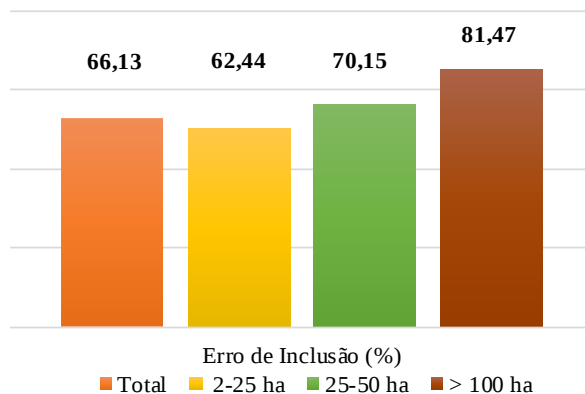


Figura 3. Porcentagem de erros de inclusão de todos os biomas, classificados por área.

O erro de inclusão geral do bioma Caatinga foi de 58,62%, e considerando as classes analisadas, as áreas com mais de 100 ha apresentaram os maiores erros de inclusão (80,81%) (Figura 4).

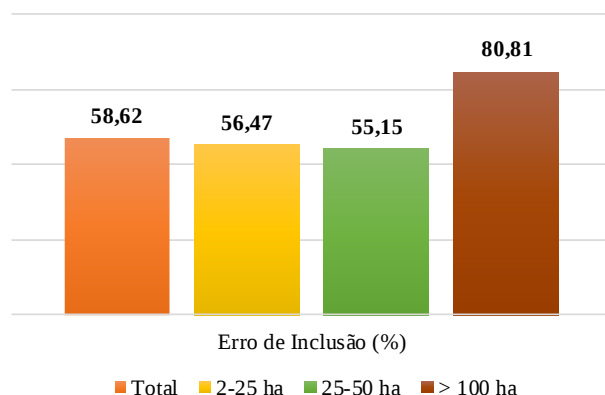


Figura 4. Porcentagem de erros de inclusão do bioma Caatinga, classificados por área.

O erro de inclusão geral do bioma Cerrado foi de 60,81%, e considerando as classes analisadas, as áreas com mais de 100 ha apresentaram os maiores erros de inclusão (75,50%) (Figura 5).

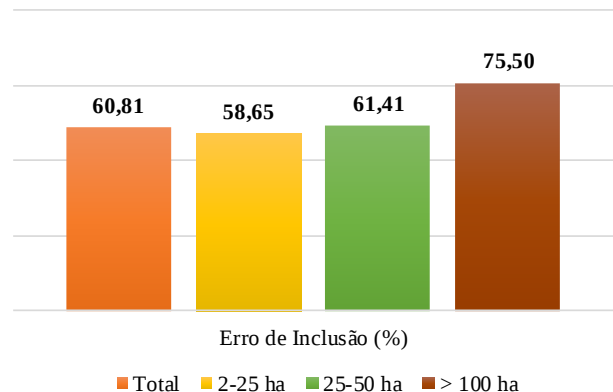


Figura 5. Porcentagem de erros de inclusão do bioma Cerrado, classificados por área.

O erro de inclusão geral do bioma Mata Atlântica foi o maior entre os biomas, com uma porcentagem de 75,20% e considerando as classes analisadas, as áreas com mais de 100 ha apresentaram os maiores erros de inclusão (92,22%) (Figura 6).

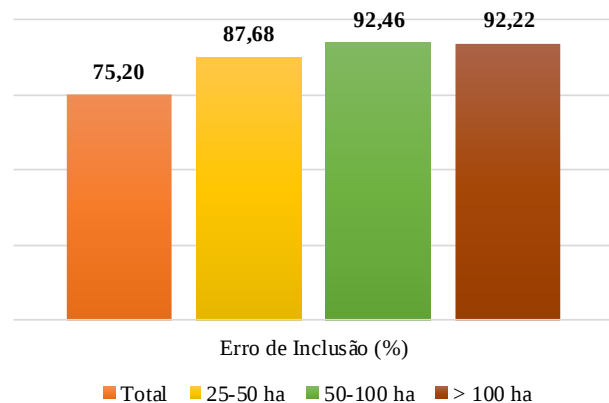


Figura 6. Porcentagem de erros de inclusão do bioma Mata Atlântica, classificados por área.

4. DISCUSSÃO

Observa-se, a partir dos resultados, que os erros de inclusão para cada bioma e nas diferentes classes de áreas são significativos. Esses altos valores podem ser atribuídos à sazonalidade dos biomas brasileiros e às extensas áreas de florestas plantadas no estado de Minas Gerais, já que no mapeamento realizado por [9], não foi diferenciado florestas nativas de florestas plantadas. Em um comentário técnico [12] sobre “*High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change*”, os autores apontaram alguns problemas como: a definição de florestas como vegetação

acima de 5 metros de altura, sendo áreas de monoculturas ou não, superestimando a cobertura vegetal mas subestimando a diversidade biológica em plantios; é recorrente observar que, ao contrário da definição adotada, culturas com menos de 5 metros de altura são classificadas; e que é necessário uma “calibração local” quando utilizado, uma vez que a dinâmica florestal varia em diferentes lugares. Em resposta ao comentário [13], os autores apontam que as críticas impostas em [12] sofrem com a falta de compreensão da definição de floresta empregado, bem como os requisitos de validação do produto, já que a aplicação do mesmo é beneficiada mediante à sua associação com outros dados auxiliares, por exemplo, o tipo de floresta, estoque de carbono, status de área protegida, entre outros. Sobre as culturas com menos de 5 metros de altura serem classificadas regularmente, os autores afirmam ser um caso claro de erro de classificação.

5. CONCLUSÕES

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise dos erros de inclusão do mapeamento [9] no estado de Minas Gerais e seus diferentes biomas. De um modo geral, os erros apresentaram valores significativos por não considerar a dinâmica florestal em diferentes locais e suas respectivas características e fenômenos climáticos, além de considerar florestas plantadas e nativas como cobertura vegetal florestal. Nesse sentido, o uso dos mapas gerados por [9] sem acompanhamento de dados auxiliares e sem análise prévia específica para a região de interesse não é recomendada.

6. REFERÊNCIAS

- [1] IBGE, Mapa de Biomas, 2004. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/informacoes-ambientais/estudos-ambientais/15842-biomas.html?=&t=downloads>. Acesso em: 24/09/2018.
- [2] Ribeiro, M.C., Martensen, A.C., Metzger, J.P., et al, "The Brazilian Forest: a shrinking biodiversity hotspot", Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany, *Biodiversity hotspots*, pp. 405-434, 2011.
- [3] Klink, C. A., Machado, R. B., "A conservação do cerrado brasileiro", *Megadiversidade*, v.1, n. 1, pp. 147-155, 2005.
- [4] Brandon K., Fonseca, G. A. B., Rylands, A.B., Silva, J. M. C., "Conservação brasileira: desafios e oportunidades", *Megadiversidade*, v.1, n. 1, pp. 7-13, 2005.
- [5] Huete, A. R. et al., "Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices", *Remote Sensing of Environment*, v.83, Special Issue, p.195-213, 2002.
- [6] Ferreira, N. C.; Ferreira, L. G.; Huete, A. R.; Ferreira, M. E, "An operational deforestation mapping system using MODIS data and spatial context analysis", *International Journal of Remote Sensing*, v. 28, p. 47-62, 2007.

[7] Rocha, G. F., Ferreira JR, L. G., Ferreira, N. C., Ferreira, M. E., "Detecção e desmatamentos no bioma cerrado entre 2002 e 2009: padrões, tendências e impactos", *Revista Brasileira de Cartografia*, v.63, p.341 – 349, 2011.

[8] Rocha, G. F., Ferreira Jr. L. G., Brito D. M. C., Oliveira, J. S. A., "Avaliação e comparação dos dados SIAD e PMDBBS com base em imagens Landsat", *Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Exposicarta*, p. 795-799, 2017.

[9] Hansen, M. C., et al., "HIGH-RESOLUTION GLOBAL MAPS OF 21ST-CENTURY FOREST COVER CHANGE", *Science*, v. 342, issue 6160, pp. 850-853, 2013.

[10] Figueiredo, G. C., Vieira, C. A. O., "Estudo do comportamento dos índices de Exatidão Global, Kappa e Tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens do sensoriamento remoto", *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, pp. 5755-5762, 2007.

[11] Bueno, I. T., "ANÁLISE DA DETECÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE MUDANÇAS NO CERRADO COM O USO DE DISCRIMINANTE MULTIVARIADA", Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Lavras, 2015.

[12] Tropek, R., Sedláček, O., Beck, J., et. Al, "Comment on "High-resolution global maps of 21st-century forest cover change"", *Science*, v. 344, issue 6187, pp. 981-d, 2014.

[13] Hansen, M., Potapov, P., Margono, B., et. al, ""Response to Comment on "High-resolution global maps of 21st-century forest cover change"", *Science*, v. 344, issue 6187, pp. 981-e, 2014.