

ANÁLISE DE SIMILARIDADE ENTRE PRODUTOS DE MONITORAMENTO DE ÁREAS QUEIMADAS PARA O ESTADO DO ACRE

Wesley Augusto Campanharo¹, Liana Oighenstein Anderson², Thiago Fonseca Morello Ramalho da Silva³, Ana Carolina Moreira Pessôa¹, Tomás Artés Vivancos⁴, Jesús San-Miguel-Ayanz⁴

¹Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), Av. dos Astronautas 1758, 12227-010, São José dos Campos – SP, Brasil, {wesley.campanharo, ana.pessoa}@inpe.br; ²Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), Estrada Dr. Altino Bondensan 500, São José dos Campos - SP, Brasil, liana.anderson@cemaden.gov.br; ³ Universidade Federal do ABC (UFABC), Rua Arcturus, São Bernardo do Campo – SP, Brasil, fonseca.morello@ufabc.edu.br, ⁴ Joint Research Centre (JRC), Via Enrico Fermi 2749 Ispra (VA), Italia {tomas.artes-vivancos, jesus.san-miguel}@ec.europa.eu

RESUMO

Os impactos ambientais e socioeconômicos do fogo no sudoeste da Amazônia têm sido crítico nos últimos anos. Atualmente, vários produtos de sensoriamento remoto e métodos não operacionais são capazes de realizar a detecção e monitoramento deste fenômeno. Assim, este trabalho teve como objetivo mensurar as diferenças na área queimada total e sob floresta entre três produtos (TREES, JRC e MCD64A1) para o estado do Acre no ano de 2010. O produto do TREES apresentou a maior detecção (2.059 km²) e o menor percentual de áreas não mapeadas com focos de calor (9%), enquanto o JRC, embasado no MCD64A1, apresentou divergências nos valores e na localização das áreas queimadas em relação aos demais. Em relação às detecções florestais, todos os produtos analisados apresentam proporções semelhantes.

Palavras-chave — incêndios, monitoramento, Amazônia.

ABSTRACT

The environmental and socioeconomic impacts of fire in southwestern Amazon have been critical in last years. Nowadays, there are several remote sensing products and non-operational methods capable of performing detection and monitoring. In this way, we aim to measure the differences in the total burned area, and burned area under forest between three products (TREES, JRC and MCD64A1) for the state of Acre during the year 2010. The product of TREES presented the largest number of detected areas (2,059 km²) and the lowest percentage of unmapped areas with active fires (9%), while JRC product, that its based on the MCD64A1 showed divergences in spatial and total burnt values compared to MCD and TREES. Regarding the detections under forests, all products analyzed shows similar proportions of detection.

Key words — wildfires, fire mapping, Amazon.

1. INTRODUÇÃO

O uso do fogo é uma prática agrícola comum na região Amazônica, tanto para a abertura de novas áreas quanto para a limpeza e manutenção de áreas produtivas [1, 2]. Entretanto,

quando fora de controle, as queimadas causam inúmeras perdas ambientais, sociais e econômicas [3, 4].

Estudos indicam o aumento da frequência de secas na Amazônia [5], fenômeno que, como efeito colateral, contribuiria para incêndios nas florestas adjacentes a áreas antropizadas. Tais incêndios podem ter maior potencial de transformação ambiental do que o próprio evento de seca [6, 7].

O Estado do Acre, localizado no sudoeste da Amazônia Brasileira, tem sofrido com a ocorrência de eventos climáticos extremos desde 2005 [8, 9]. Os impactos socioeconômicos causados por tais eventos têm sido particularmente críticos nesta região, sobretudo, com relação ao fogo [10]. Frente a estes fatos, existe uma grande necessidade de fomentar estratégias e políticas públicas de prevenção das queimadas e incêndios agrícolas e florestais no Estado.

Atualmente existem vários produtos de sensoriamento remoto que tem capacidade de realizar a detecção e o monitoramento de áreas queimadas para a região, como o MCD64A1 [11], ESA FireCCI50 [12], Proba-V [13], produto do JRC [14]. Há também, métodos ainda não operacionais, como os propostos por Alencar et al. (2011) [15] e Anderson et al. (2015) [16].

Um dos grandes desafios para as metodologias que buscam detectar e monitorar áreas queimadas na Amazônia é a detecção destes fenômenos sob coberturas florestais [17], uma vez que o a maioria do fogo ocorre em sub-bosque, muitas vezes não atingindo a copa das árvores [18], gerando incertezas na identificação de florestas afetadas pelo fogo.

Desta maneira o objetivo deste trabalho foi de comparar os produtos do grupo TREES (*Tropical Ecosystem and Environmental Sciences* - INPE) e do produto do JRC (*Joint Research Center*) em termos da localização de áreas queimadas e do percentual de florestas afetadas em relação ao produto base MCD64A1 e focos ativos de calor, focando no estado do Acre para o ano de 2010.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo foi delimitada como sendo o estado do Acre, que possui cerca de 164 mil km² localizado na região norte do Brasil [19]. Até 2016, 86% do seu território era coberto por florestas [20], além de 45% do estado ser de domínio de unidades de conservação e terras indígenas.

Selecionou-se três produtos de área queimadas, que são: **TREES**, produto que utiliza um processo de edição manual após a classificação automática do resultado do modelo linear de mistura espectral aplicado em imagens do MODIS/Terra entre os meses de junho a setembro [16, 17, 21]; **JRC**, que utiliza o produto de área queimada MCD64A1 aliadas ao produto de focos de calor ativo do mesmo sensor, gerando informações de início e de fim das cicatrizes individualizadas [14], e; **MCD64A1**, aqui abreviado como MCD, o qual utiliza a combinação das imagens do sensor MODIS a bordo do satélite Terra e Aqua, obtendo um produto com resolução espacial de 500 m [22].

Os focos de calor ativos utilizados foram os provenientes do produto do sensor AQUA (MYD14A1), disponibilizado pelo Programa Queimadas do INPE e considerado como de referência por este programa, uma vez que capturam a maior porcentagem de focos para a região[23].

As informações de floresta foram obtidas do mapa de uso e cobertura fornecido pelo TerraClass, que realiza a classificação visual das feições a partir da máscara de desmatamento do Prodes/INPE[24].

A fim de se quantificar a porcentagem de coerência entre os produtos de áreas queimadas, realizou-se a interseção para todos os três pares possíveis e para todos os produtos, quantificando as áreas monitoradas em comum. Contabilizou-se, também, as queimadas sob florestas por meio da filtragem espacial do resultado anterior com as áreas de florestas, obtidas do dado uso e cobertura do TerraClass/INPE.

Finalmente foi gerada uma grade com 10km de resolução espacial. Os dados dos três produtos de área queimada foram contabilizados segundo sua proporção de cobertura em cada célula da grade. Em seguida, os dados acumulados de focos de calor foram associados a grade. Com base nestes dados, realizou-se uma análise de correlação entre a proporção área queimada de cada produto e o total acumulado de focos de calor.

3. RESULTADOS

Dentre os produtos de área queimada analisados para o estado do Acre no ano de 2010 (Figura 1), o dado TREES foi o que apresentou a maior área (2.059 km²), seguido pelo produto MCD (780 km²) e pelo JRC (765 km²). A diferença de área detectada entre os produtos TREES e JRC foi na ordem de 1.294 km². Considerando a área detectada por todos os produtos em conjunto, quantifica-se uma área total queimada de 2.573 km², em torno de 1,6% do território acreano.

Mesmo com uma discrepância grande na área queimada total detectada para o ano de 2010, os produtos apresentaram em média 41% de detecções em áreas florestais. Comparando o nível de concordância par a par entre os produtos sob uma ótica geral e sob áreas florestais (Tabela 1), observou-se que o nível de similaridade dos demais produtos em relação ao TREES é baixo (< 50%). Entretanto há uma elevada concordância entre o produto do JRC e MCD.

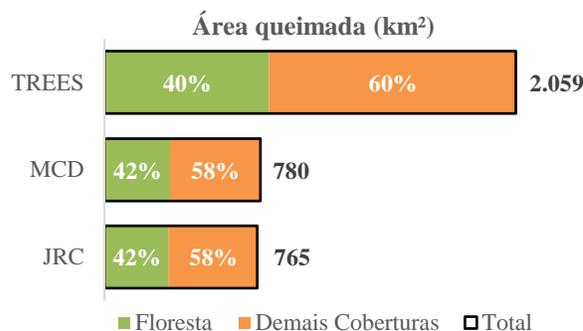


Figura 1. Área total queimada e porcentagem de cobertura atingida.

Tabela 1. Porcentagem de concordância entre as cicatrizes de queimadas dos produtos analisados para o ano de 2010.

Produto	Área total			Área em Floresta		
	TREES	JRC	MCD	TREES	JRC	MCD
TREES	-	48%	49%	-	39%	40%
JRC	18%	-	75%	15%	-	73%
MCD	19%	77%	-	16%	75%	-

Estes níveis de concordância são confirmados ao se realizar as análises pareadas por células (Figura 2b), o qual observasse um coeficiente de determinação de 0,99 entre MCD e JRC, enquanto as relações com o TREES são de 0,67 para o MCD e 0,66 para o JRC.

Nota-se que são poucas as áreas (células) que o produto do TREES não detecta, comparando aos demais produtos (Figura 2a). Em contrapartida, verificou uma área a sudoeste do estado detectada exclusivamente pelos produtos JRC e MCD.

Considerando células com mais de cinco focos de calor como zonas com grande potencial de se ter áreas queimadas, o dado TREES foi o que obteve o maior percentual de acertos (21%) em relação aos demais (MCD e JRC = 11%). Além disso, quantificou-se que os dados TREES obtiveram o menor percentual de áreas com focos de calor ativo não sendo mapeada (9%).

4. DISCUSSÃO

Todos os produtos analisados baseiam-se em imagens do sensor MODIS. Porém, o TREES possui uma etapa de edição manual realizada por um intérprete o que pode justificar o maior quantitativo de área queimada e consequentemente a maior concordância com os focos de calor.

Em contrapartida, o produto do JRC que utiliza inteiramente o MCD apresentou variação na área total detectada, além de divergências entre áreas não mapeadas e áreas exclusivas para cada um destes produtos. Esta discrepância pode estar associada a erros sistemáticos de classificação do algoritmo ou de seleção de imagens, assim, há a necessidade de uma avaliação mais profunda para se detectar a origem destas divergências.

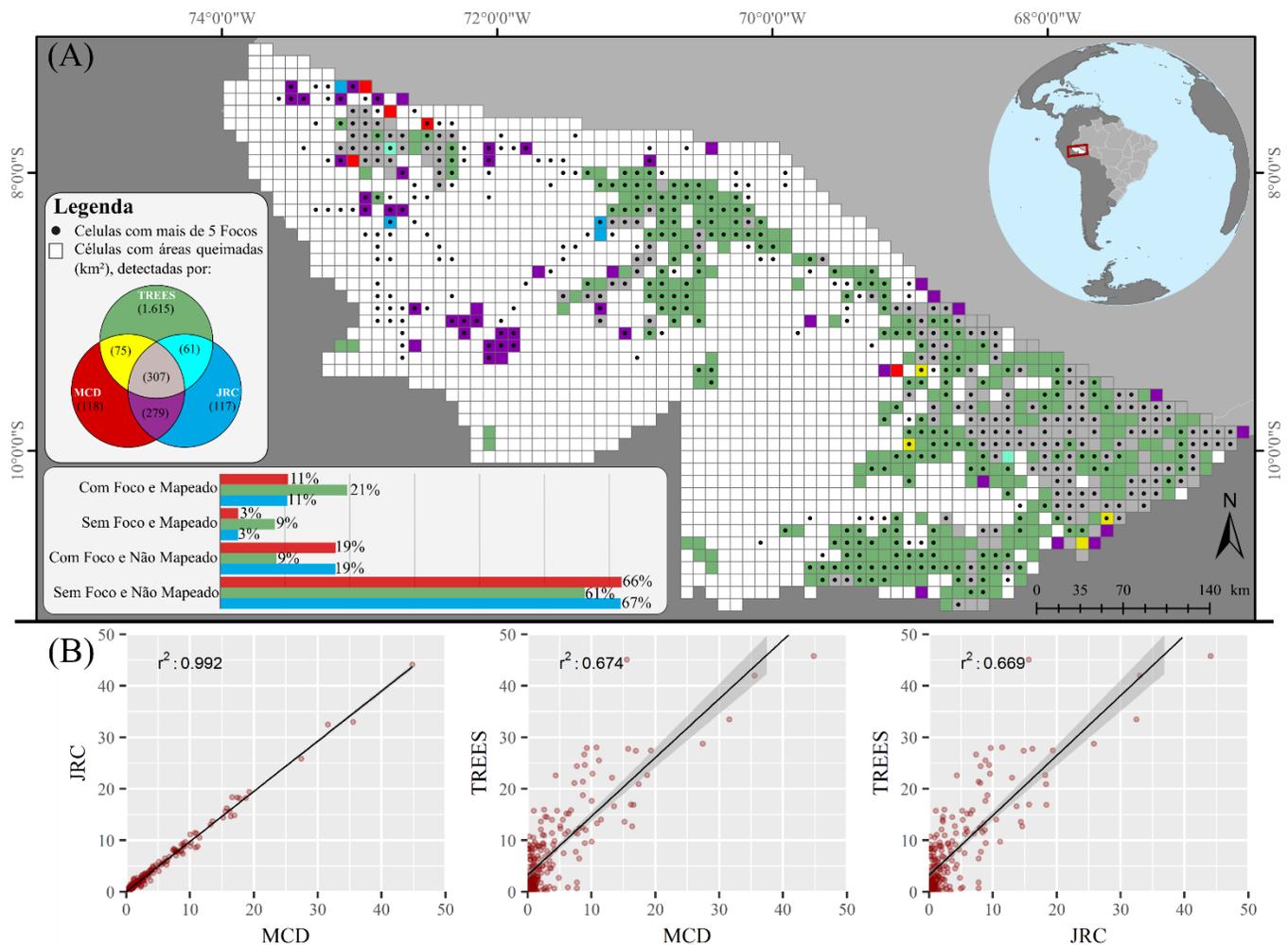


Figura 2. (A) Regiões mapeadas por cada produto, com destaque para o quantitativo de cada produto e suas interseções, além do percentual de células com ocorrências de fogo de calor mapeadas por produto; (B) Regressões entre os produtos analisados considerando células com ocorrência de áreas queimadas.

A baixa detecção de áreas queimadas do produto do MCD64A1 para a região, que por sua vez reflete no JRC, pode estar associada ao alto grau de cobertura de nuvens durante o ano.

5. CONCLUSÕES

O produto do TREES, possui uma maior cobertura de detecção de áreas queimadas em relação aos demais produtos analisados para o estado do Acre, tanto para áreas de floresta quanto para as demais coberturas e usos da terra. Além disso, observa-se uma menor discrepância com relação a localização de ocorrência de focos de calor ativos. Entretanto o processo de obtenção é mais longo, principalmente pela intervenção de um interprete para ajuste das áreas queimadas mapeadas.

O produto JRC por mais que tenha sido derivado totalmente do produto MCD ainda apresenta discrepâncias na quantidade total de área queimada detectada e na localização

destas cicatrizes. Além disso os percentuais de áreas com focos de calor e não mapeadas deste produtos são maiores que TREES.

Fica demonstrada a importância de selecionar os produtos disponíveis para fins de subsídio a ações de prevenção e controle de incêndios, dadas as importantes diferenças, aqui verificadas em termos de área total e de localização.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de doutorado ao primeiro autor (processo 140261/2018-4), e a bolsa de produtividade concedida a LOA (processo 309247/2016-0), e a FAPESP (projeto 16/02018-2).

7. REFERÊNCIAS

[1] EMBRAPA, “Principais focos e fontes de queimadas no

- Brasil e suas causas,” in *Alternativas para a prática das queimadas na agricultura*, Brasília, pp. 8–17, 2000.
- [2] Da Motta, R. S. et al., “O custo econômico do fogo na Amazônia,” in *Texto para discussão 912*, Rio de Janeiro: IPEA, p. 42, 2002.
- [3] Anderson, L. O. et al., “Counting the costs of the 2005 Amazon drought: a preliminary assessment,” in *Ecosystem Services for Poverty Alleviation in Amazonia*, P. Meir, A. Mitchell, J. Marengo, C. Young, G. Poveda, C. A. Llerena, L. Rival, L. Meneses, A. Hall, R. Betts, J. Farley, S. Fordham, and M. Trivedi, pp. 97–104, 2011.
- [4] Brown, F.; Santos, G. F.; Pires, F. F.; e Costa, C. B. da, “Brazil : Drought and Fire Response in the Amazon,” *World Resources Report*, 2011.
- [5] Li, W.; Fu, R.; e Dickinson, R. E., “Rainfall and its seasonality over the Amazon in the 21st century as assessed by the coupled models for the IPCC AR4,” *J. Geophys. Res.*, v. 111, 2006.
- [6] Aragão, L. E. O. C.; Malhi, Y.; Roman-Cuesta, R. M.; Saatchi, S.; Anderson, L. O.; and Shimabukuro, Y. E., “Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts,” *Geophys. Res. Lett.*, v. 34, n. 7, 2007.
- [7] Brando, P. M. et al., “Abrupt increases in Amazonian tree mortality due to drought-fire interactions,” *Proc. Natl. Acad. Sci.*, v. 111, n. 17, pp. 6347–6352, 2014.
- [8] Lewis, S. L. et al., “The 2010 Amazon Drought” *Science*, v. 331, n. 6017, pp. 554–554, 2011.
- [9] Marengo, J. A. e Espinoza, J. C., “Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts,” *Int. J. Climatol.*, v. 36, n. 3, pp. 1033–1050, 2016.
- [10] Aragão, L. E. O. C. et al., “Assessing the Influence of Climate Extremes on Ecosystems and Human Health in Southwestern Amazon Supported by the PULSE-Brazil Platform,” *Am. J. Clim. Chang.*, v. 05, n. 03, pp. 399–416, 2016.
- [11] Giglio, L. et al., “The Collection 6 MODIS burned area mapping algorithm and product,” *Remote Sens. Environ.*, v. 217, pp. 72–85, 2018.
- [12] Chuvieco, E. et al., “Generation and analysis of a new global burned area product based on MODIS 250m reflectance bands and thermal anomalies,” *Earth Syst. Sci. Data Discuss.*, pp. 1–24, 2018.
- [13] Tansey, K. et al., “A new, global, multi-annual (2000–2007) burnt area product at 1 km resolution,” *Geophys. Res. Lett.*, v. 35, n. 1, pp. 1–6, 2008.
- [14] Artes, T. e San-Miguel, J., “Spatio-temporal analysis of burnt areas for individual fire events at global scale,” 2019 no prelo.
- [15] Alencar, A.; Asner, G. P.; Knapp, D.; and Zarin, D., “Temporal variability of forest fires in eastern Amazonia,” *Ecol. Appl.*, v. 21, n. 7, pp. 2397–412, 2011.
- [16] Anderson, L. O. et al., “Disentangling the contribution of multiple land covers to fire-mediated carbon emissions in Amazonia during the 2010 drought,” *Global Biogeochem. Cycles*, v. 29, n. 10, pp. 1739–1753, 2015.
- [17] Anderson, L. O. et al., “Development of a Point-based Method for Map Validation and Confidence Interval Estimation: A Case Study of Burned Areas in Amazonia,” *J. Remote Sens. GIS*, v. 06, n. 01, 2017.
- [18] Morton, D. C. et al., “Mapping canopy damage from understory fires in Amazon forests using annual time series of Landsat and MODIS data,” *Remote Sens. Environ.*, v. 115, n. 7, pp. 1706–1720, 2011.
- [19] IBGE, “IBGE Cidades,” 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>> . Acesso em: 26 set. 2018.
- [20] OBT-INPE, “Taxas anuais de desmatamento na Amazônia Legal brasileira,” 2018. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/dashboard/prodes-rates.html>>. Acessado em: 14 jul 2018.
- [21] Anderson, L. O.; Aragão, L. E. O. C. ; Lima, A. de; e Shimabukuro, Y. E., “Detecção de cicatrizes de áreas queimadas baseada no modelo linear de mistura espectral e imagens índice de vegetação utilizando dados multitemporais do sensor MODIS/TERRA no estado do Mato Grosso, Amazônia brasileira,” *Acta Amaz.*, v. 35, n. 4, pp. 445–456, 2005.
- [22] Giglio, L.; Justice, C.; Boschetti, L.; e Roy, D., “MCD64A1 MODIS/Terra+Aqua Burned Area Monthly L3 Global 500m SIN Grid V006.” 2015.
- [23] Anderson, L. O. et al., “Utilização de dados orbitais de focos de calor para caracterização de riscos de incêndios florestais e priorização de áreas para a tomada de decisão”. *Ver. Bra. Cartografia*, n.69/1, p.163-177, 2017.
- [24] INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, “Monitoramento da cobertura florestal da Amazônia por satélites. Sistema PRODES, DETER, DEGRAD.” Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>>. Acesso em: 26 set. 2018.