UTILIZAÇÃO DE IMAGENS SAR PARA DETECÇÃO DE DESMATAMENTO NO PARQUE NACIONAL DO JAMANXIM, PARÁ

Tainah Silva Narducci [1], Alessandra Rodrigues Gomes [1], Luis Waldyr Rodrigues Sadeck[2], Lidiane Cristina Lima de Araújo[2]

[1]Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Coordenação Espacial da Amazônia – INPE-COEAM, Parque de Ciência e Tecnologia do Guamá, Av. Perimetral, 2651, 66077-830, Belém - PA, Brasil. E-mail: tainahnarducci@hotmail.com; alessandra.gomes@inpe.br
[2]Bolsista CNPq - Projeto TerraClass Amazônia. E-mail: sadeckgeo@gmail.com; lidianelimadearaujo@gmail.com

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar o desmatamento ocorrido no Parque Nacional do Jamanxim através de imagens de radar de banda C pelo satélite Sentinel-1. A metodologia consistiu nas análises de imagens pela plataforma *Google Earth Engine*, onde foram aplicados métodos de processamento digital de imagens de radar e óticas, incluindo além de análises, pós processamentos baseados na matriz de confusão, análise de acurácia global e coeficiente de concordância Kappa. Como resultados alcançados, pôde-se distinguir e quantificar o desmatamento ocorrido na área, e as validações dos mapas dos anos analisados apresentaram resultados satisfatórios, concluindo-se que a análise do desmatamento por imagens de radar e a utilização dos métodos realizados neste trabalho mostraram-se eficientes e podem ser expandidos para outras áreas da Amazônia.

Palavras-chave — Sentinel-1, GEE, Radar.

ABSTRACT

The goal of this study is to analyze the two-year deforestation in Jamanxim National Park from C-band radar images by the Sentinel-1 satellite. The methodology consisted of image analysis using the Google Earth Engine platform, where methods of digital processing of radar and optical images were applied, including, in addition to analyses, post-processing based on the confusion matrix, global accuracy analysis and Kappa concordance coefficient. As results achieved, it was possible to distinguish and quantify the deforestation that took place in the area, and the validations of the maps from both years were quite satisfactory, concluding that the analysis of deforestation by radar images and the use of the methods carried out in this work proved to be efficient for monitoring deforestation in the Amazon.

Key words — *Sentinel-1, GEE, Radar.*

1. INTRODUÇÃO

As ferramentas de sensoriamento remoto são fundamentais no monitoramento da superfície terrestre em paisagens tropicais com grande extensão territorial por permitir uma visão sinótica dos processos de degradação [1].

O mapeamento da superfície da terra através do imageamento SAR (*Synthethic Aperture Radar*) tem revelado bons resultados em virtude de não possuir influência direta da atmosfera e da cobertura de nuvens contribuindo na análise das mudanças ao longo do tempo [2]. Isto é importante principalmente em áreas com grande cobertura de nuvens, como a Amazônia, onde a probabilidade de se obter uma imagem de sensores ópticos livre de nuvens é menor que 30% [3].

Entretanto, a utilização de imagens de radar, adquiridas pelo satélite Sentinel-1, para avaliação do uso e cobertura em locais extensos requer alta capacidade computacional, como exemplo o *Sentinel Application Platform* (SNAP), que requer uma grande quantidade de memória no computador. Neste sentido, uma ferramenta que está sendo bastante difundida para mapear, quantificar e detectar mudanças na superfície da Terra é o *Google Earth Engine* (GEE), plataforma baseada no processamento de grandes conjuntos de dados geoespaciais em nuvem que facilita acessar recursos de computação de alto desempenho [4].

O Parque Nacional (Parna) do Jamanxim pertence ao grupo das Unidades de Conservação (UCs) de proteção integral o qual possui uma área de 851.754 ha, situa-se no Estado do Pará e sua criação veio servir como meio de diminuir os impactos provenientes da instalação da BR-163 e para preservar os ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, uma vez que faz parte de um mosaico de áreas protegidas da Amazônia com notável biodiversidade [5].

Ao verificar as técnicas e a área, portanto, este trabalho teve como objetivo analisar o aumento do desmatamento por imagem SAR de banda C - Sentinel-1A em um período de dois anos (julho-2019 e julho-2021) através da plataforma do GEE utilizando o algoritmo Random Forest no Parna do Jamanxim.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O Parna do Jamanxim está localizado na latitude 5°40’58.74”S e longitude 55°51’55.24”O. Neste estudo foi utilizada a área do Parna num *buffer* de 5 km com o objetivo de avaliar as áreas de desmatamento também no entorno da UC (Figura 1).

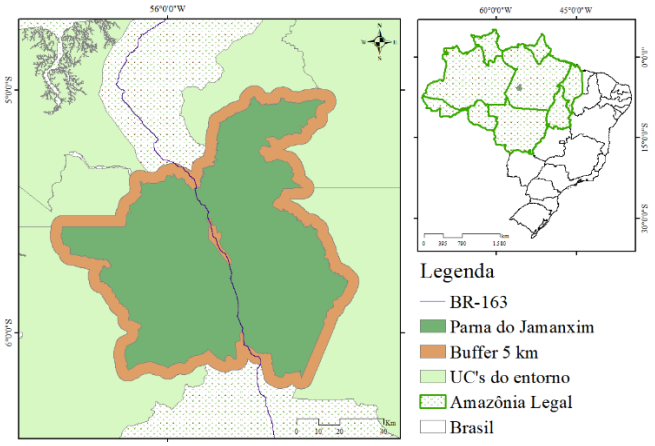


Figura 1. Localização do Parna do Jamanxim, Pará, Brasil.

A região do Parna do Jamanxim é predominantemente coberta por floresta ombrófila com predomínio de duas tipologias: floresta ombrófila densa submontana dossel emergente e floresta ombrófila aberta submontana com cipós [5].

2.2 Base de dados e processamento SAR

Foram utilizadas imagens SAR de banda C do Sentinel-1A nos períodos de 07/19 a 07/21 para se comparar o aumento de área de desmatamento em dois anos no Parna. A Tabela 1 apresenta as características do dado SAR utilizados.

Modo de operação	Imagem Sentinel-1A
Polarizações	*Dual-pol* (VV, VH)
Órbita	Descendente
Espaçamento entre pixel	10x10m

Tabela 1. Características do dado SAR.

As imagens SAR *dual-pol* foram processadas na plataforma GEE. As imagens do Sentinel-1A disponíveis são de Nível 1 de detecção de alcance do solo (GRD), processadas para o coeficiente de retroespalhamento (σ°) em decibéis (dB) [6]. No pré-processamento para derivar o coeficiente de retroespalhamento em cada pixel as seguintes etapas são aplicadas pelo GEE: 1- Atualização de órbita; 2- remoção de ruído de borda GRD; 3- remoção de ruído térmico; 4- calibração radiométrica; 5- correção do terreno (ortorretificação) [6].

As distorções geométricas (*foreshortening, layover e shadow*) que estão relacionadas com a topografia em imagens SAR podem dificultar na distinção de áreas de florestas de não florestas. Como forma de mitigar esses efeitos, aplicou-se a metodologia segundo [7], que combina dados SAR com Sentinel-2 Intrumento Multiespectral.

Para reduzir o efeito *speckle*, foi aplicado o *dry coefficient* conforme [7], proposto por [8] que descrevem o *dry coefficient* como a média de todos os valores abaixo do primeiro quartil de cada pixel, como resultado, o contraste entre áreas florestadas e não florestadas são aprimoradas.

Para uma melhor detecção dos sinais de desmatamento na área de estudo, foi utilizado o *Normalized Difference Fraction Index* (NDFI) que tem a vantagem de combinar, em uma banda sintética, todas informações que mostram-se relevantes para identificação e mapeamento de degradação florestal [9].

2.3 Classificação e validação dos resultados

As imagens foram classificadas pelo algoritmo de classificação Random Forest o qual é um classificador que consiste em uma coleção de classificadores {h(x, k), k = 1,...} onde os { k } são vetores aleatórios independentes identicamente distribuídos e cada árvore lança um voto unitário para a classe mais popular na entrada x. [10].

As seguintes tipologias foram associadas à cobertura da terra: Floresta (F), Corpos d’água (CA) e Não Floresta (NF).

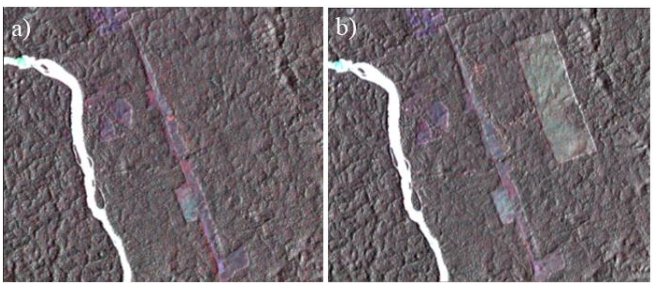
Foram coletadas 50 amostras para cada classe divididas em 70 % de amostras para treinamento e 30% de amostras para validação [11].

Na análise dos anos 2019 e 2021, o desempenho do classificador foi realizado com base nos dados da matriz de confusão, informações sobre a acurácia global e o coeficiente de concordância *Kappa*.

A partir das imagens classificadas para os dois anos, realizou-se a álgebra de mapas para identificar as áreas correspondentes aos desmatamentos ocorridos dentro do período analisado.

3. RESULTADOS

Na Figura 2 podemos averiguar a diferença de cobertura florestal nas imagens da composição GRD - RGB do Sentinel-1 para os anos de 2019 (a) e 2021 (b), nas imagens do Sentinel-2 com a aplicação do NDFI de 2019 (c) e 2021 (d) e nas imagens classificadas pelo Randon Forest de 2019 (e) e 2021 (f). As imagens de 2021 mostram desmatamento por corte raso (quando a perda florestal permite observar o solo exposto) (b) e por degradação e corte raso (d) e (f).



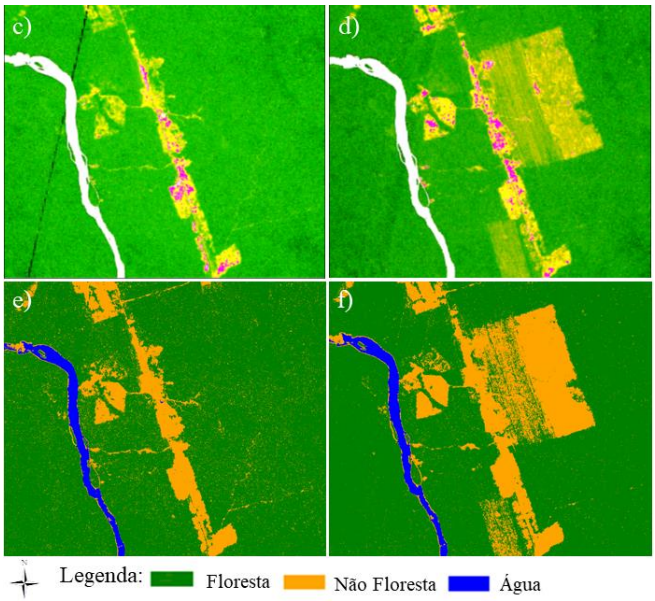


Figura 2. a) Composição GRD-RGB, Sentinel-1 2019 (VV e VH) b) composição GRD-RGB, Sentinel-1 2021 (VV e VH) c) imagem Sentinel-2 2019 com NDFI d) imagem Sentinel-2 2021 com NDFI e) classificação Random Forest 2019 f) classificação Random Forest 2021.

A Figura 3 representa a diferença de desmatamento entre os anos de 2019 e 2021.

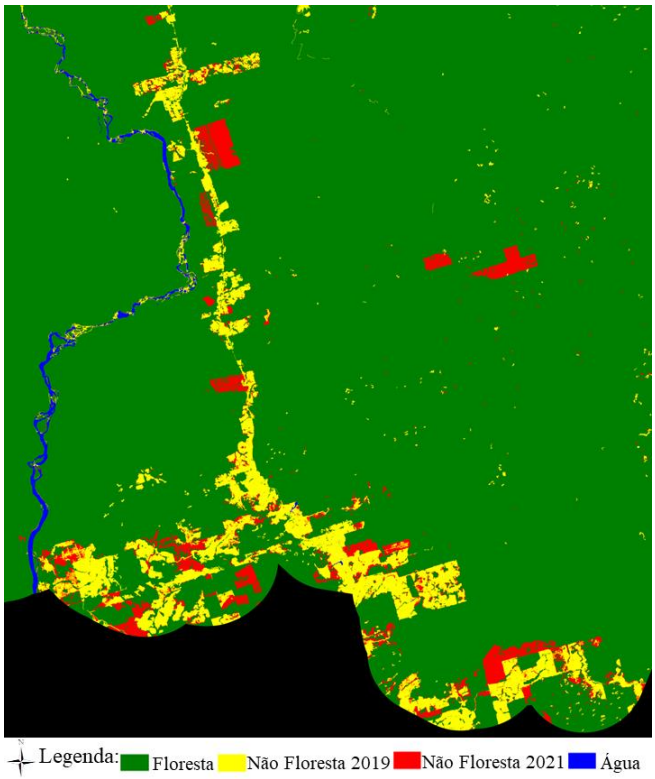


Figura 3. Diferença de áreas com desmatamento entre 2019 e 2021.

Através das análises realizadas neste trabalho pelo GEE, pôde-se detectar aproximadamente 11.268,77 km² de floresta, 40,63 km² de áreas referentes à classe de água, 256,04 km² de desmatado até julho de 2019 e a partir desse período até julho de 2021, um aumento de 103,46 km² de áreas desmatadas, correspondendo a 40,4% do aumento de desmatamento, em um período de dois anos, dentro do Parna do Jamanxim e nas proximidades do Parque, em um *buffer* de 5 km. As áreas de desmatamento respectivas apenas ao Parna do Jamanxim foram cerca de 88,49 km² até julho de 2019 com aumento do desmatamento no período de dois anos de 42,82 km² (48,4%).

As validações dos produtos da classificação por Random Forest realizadas pela Matriz de Confusão para os anos 2019 e 2021 foram bastante satisfatórias, podendo ser confirmadas pela acurácia global e o coeficiente Kappa, que para ambos os anos os resultados foram maiores que 95% (Tabela 2).

Julho - 2019			
	Floresta	**Água**	**Não Floresta**
Floresta	1701	0	69
Água	0	713	0
Não Floresta	26	0	1516
Acurácia Global	0,98		
Kappa	0,96		
Julho - 2021			
	Floresta	**Água**	**Não Floresta**
Floresta	2342	0	75
Água	0	580	0
Não Floresta	37	0	1402
Acurácia Global	0,97		
Kappa	0,96		

Tabela 2. Matriz de confusão, acurácia global e coeficiente de Kappa para julho de 2019 e de 2021.

4. DISCUSSÃO

As imagens do Sentinel-1 disponíveis no GEE que já vem com um pré-processamento necessitam de aplicações de uma metodologia para melhorar os efeitos causados pelas distorções geométricas presentes nessas imagens. A metodologia sugerida por [7] que utilizou imagens SAR com imagens optícas do Sentinel-2 apresentou bons resultados neste trabalho amenisando os efeitos da distorção geométrica, e com a aplicação do *dry coefficient* reduzindo o ruído speckle.

Na averiguação dos sinais de desmatamento no Parna do Jamanxim adotando o NDFI nas imagens, puderam-se notar as áreas desmatadas de forma bastante distintas. Segundo [9], o NDFI demonstrou ter potencial para identificar uma diversidade de subclassificações dos níveis de degradação em ambientes florestais, tornando-se importante para identificar e mapear florestas degradadas na região amazônica.

A validação do desempenho do classificador Random Forest se mostrou muito satisfatória em ambos os anos. A

matriz de confusão demonstrou uma alta precisão para cada classe, que reflete as ocorrências corretas para suas alocações, que são obtidas pela matriz de confusão e pelo número de vezes em que as mesmas ocorrem na matriz [12]. A confirmação dos resultados bastante satisfatórios da validação do Random Forest se deu também pela acurácia global e o coeficiente Kappa, os quais deram valores próximos de 100%, esses indíces são utilizados tradicionalmente para quantificar o acerto geral dos mapeamentos temáticos e até hoje se apresentam como maneira mais efetiva de validação [13].

5. CONCLUSÃO

A análise do aumento do desmatamento através de imagens SAR de banda C no período de julho-2019 a julho-2021 pela plataforma do GEE utilizando o classificador Random Forest no Parna do Jamanxim foi satisfatória quando aplicadas as propostas metodológicas de combinação de imagens SAR com Sentinel-2, *dry coefficient* e NDFI. Tais metodologias refletiram em ótimos resultados na validação do classificador Random Forest.

Como modo de aprimorar o método aqui utilizado, sugere-se investigar e aprimorar as metodologias propostas de maneira a subsidiar no melhoramento das imagens de radar na banda C para averiguação do desmatamento na floresta Amazônica.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Programa de Capacitação Institucional, uma parceria CNPq e INPE, pelo Processo N° 444327/2018-5 e Processo individual N° 300337/2022-1.

7. REFERÊNCIAS

[1] N. C. Wiederkehr, F. F. Gama, J. R. Santos, J. C. Mura, P. B. Conceicao, e V. Liesenberg. Análise de imagens polarimétricas do sensor ALOS/PALSAR- 2 para discriminação do uso e cobertura da terra em região de influência da Floresta Nacional do Tapajós. In: XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 2017, Rio de Janeiro. *Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Exposicarta*. Rio de Janeiro: SBC, 2017. pp. 654-658.

[2] F. L. R. Barbosa, R. F. Guimarães, O. A. Carvalho Júnior, e R. A. T. Gomes. Classificação do uso e cobertura da terra utilizando imagens SAR/Sentinel 1 no Distrito Federal, Brasil, *Sociedade & Natureza*, 32 (v.):e59954 (pp.), 2021.

[3] V. S. Martins, M. L. M. Evlyn, L. Alexei, E. O. C. A. Luiz, R. F. Saula, e C. F. B. Claudio. Seasonal and interannual assessment of cloud cover and atmospheric constituents across the Amazon (2000-2015): insights for remote sensing and climate analyses. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 145 (v.):309-327 (pp.), 2018.

[4] N. Gorelick, M. Hancher, M. Dixon, S. Ilyushchenko, D. Thau e R. Moore. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone, *Remote Sensing of Environment*, 202 (v.):18-27 (pp.), 2017.

[5] ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. *Plano de Manejo do Parque Nacional do Jamanxim*. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/amazonia/lista-de-ucs/parna-do-jamanxim/arquivos/plano_de_manejo_pn_jamanxim_versao_V_13.12.2021.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2022.

[6] Google Earth Engine. Sentinel-1 Algorithms. https://developers.google.com/earthengine/sentinel1 Acesso em julho de 2022.

[7] V. Yordanov, e M. A. Brovelli. Deforestation mapping using Sentinel-1 and object-based Random Forest classification on Google Earth Engine. In: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLIII-B3-2021 XXIV ISPRS, 2021. pp. 865-872.

[8] A. Dostálová, M. Hollaus, M. Milenković, e W. Wagner. Forest area derivation from Sentinel-1 data. In: ISPRS Annals of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences, III-7, 2016. pp. 227-233.

[9] C. M. Souza Jr., D. A. Roberts, e M. A. Cochrane. Combining spectral and spatial information to map canopy damage from selective logging and forest fires. *Remote Sensing of Environment*, 98 (v.):329-343 (pp.), 2005.

[10] L. Breiman. Random forests. *Machine Learning*, 45 (v.):5-32 (pp.), 2001.

[11] P. Olofsson, G. M. Foody, M. Herold, S. V. Stehman, C. E. Woodcock, M. A. Wulder. Good practices for estimating área and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment*, 148 (v.): 42-57 (pp.), 2014.

[12] I. H. C. Silva, F. P. Miranda, e L. Landau. Avaliação da suscetibilidade de bacias hidrográficas ao desenvolvimento de inundações por integração de dados fisiográficos e sensoriamento remote por RADAR. *Revista Brasileira de Cartografia*, 1765-1787 (pp.), 2017.

[13] D. F. C. Prado. *Medidas de acurácia baseada em objeto: análise metodológicam em relação à validação baseada em pixel*, 112 (p.). Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.