IDENTIFICAÇÃO ANALÍTICA DE CLASSES DE DESFLORESTAMENTO COM O SENSOR WFI-AMAZONIA-1, NO PROJETO DETER-AMAZONIA

Jeremias Vitório Pinto Feitosa [1], Nelton Cavalcante da Luz[1], Ronise Rafaelle Mendonça Arraes [1], Alcione Ferreira Pinheiro [1], Lucas Silva Rocha [1], Rita de Cássia de Moraes Franco[1], Walber Roberto Guimarães Torres[1], Diego da Cunha Morais [1], Arlesson Antonio de Almeida Souza[1], Alessandra Rodrigues Gomes[2], Marcos Adami[1], Claudio Aparecido de Almeida [1]

[1] INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Av. dos Astronautas 1754, São José dos Campos, 12227-010 Brasil – jeremiasvitorio@gmail.com; neltonluz@gmail.com; ronisearraes@hotmail.com; alcione.pinheiro01@gmail.com; lucarocha_94@outlook.com.br; ritacssiamf@gmail.com; torres_walber@hotmail.com; diegocunhamoraes@gmail.com; arlessonantonio@gmail.com; marcos.adami@inpe.br; claudio.almeida@inpe.br

[2]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. Email:alessandra.gomes@inpe.br

RESUMO

A região amazônica é uma grande área com heterogeneidade biogeográfica ímpar. e o seu desmatamento é um dos maiores problemas ambientais mundiais. Com o intuito de avaliar o desmatamento na Amazônia, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) desenvolveu um sistema de alerta para dar suporte à fiscalização e controle do desmatamento, o Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Quase Real (DETER). Dentre os vários produtos usados desde a concepção do DETER, O mais recente e de origem nacional, é o satélite Amazonia 1 que fornece imagens WFI de média resolução, permitindo ao projeto DETER AMAZONIA autonomia na produção de dados de desflorestamento aos órgãos de fiscalização. As imagens do satélite brasileiro responderam muito bem aos processamentos do projeto, o que permitiu o reconhecimento das classes de desflorestamento e com isso provou o grande avanço científico e tecnológico brasileiro através dos trabalhos do INPE.

***Palavras-chave* —** desmatamento, Amazônia, DETER AMAZONIA, satélite, Amazonia 1.

ABSTRACT

The Amazon region is a large area with unique biogeographic heterogeneity. and its deforestation is one of the world's biggest environmental problems. In order to assess deforestation in the Amazon, the National Institute for Space Research (INPE) developed an alert system to support the inspection and control of deforestation, the Near Real Time Deforestation Detection System (DETER). Among the various products used since DETER's conception, the most recent and of national origin is the Amazonia 1 satellite that provides medium resolution WFI images, allowing the DETER AMAZONIA project autonomy in the production of deforestation data for inspection agencies. The Brazilian satellite images responded very well to the project's processing, which allowed the recognition of deforestation classes and thus proved the great Brazilian scientific and technological advance through INPE's work.

***Key words* —** *deforestation, Amazon, DETER AMAZONIA, satellite, Amazonia 1.*

1. INTRODUÇÃO

A região amazônica é uma grande área com heterogeneidade biogeográfica ímpar, e sua ocupação humana é observada na paisagem por diversos padrões espaciais que estão associados aos diferentes históricos de ocupação, e atores sociais envolvidos [1]; [2]. Estima-se que em 1990 as florestas tropicais cobriam entre 11,5 e 12,4 milhões de km² em todo mundo [3]. A Amazônia Legal Brasileira, com aproximadamente 5 milhões de km², representa cerca de 30% da floresta tropical remanescente, sendo a maior floresta tropical contígua do planeta com vasta biodiversidade [4] e o seu desmatamento é um dos maiores problemas ambientais mundiais [5].

Com o intuito de avaliar o desmatamento na Amazônia, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), desde 1988, tem estimado as taxas anuais de desflorestamento bruto na AML, por meio do Projeto de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES). Embora o projeto PRODES tenha papel fundamental no monitoramento da floresta e no estabelecimento de políticas públicas, seus dados não podem ser utilizados para o monitoramento, uma vez que não permitem rápida identificação de áreas em estágios de degradação inicial, impossibilitando o estabelecimento de ações preventivas e de fiscalização necessárias para desaceleração ou reversão do processo de desmatamento [6][7].

Para isso, foi desenvolvido um sistema de alerta para suporte à fiscalização e controle de desmatamento, o Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER), que vem sendo responsável por um levantamento rápido e sistemático desde maio de 2004. Este sistema utiliza os dados do sensor MODIS do satélite Terra/Aqua, cuja resolução espacial é 250m [8]. O DETER mapeia tanto áreas de corte raso quanto áreas em processo de desmatamento, como degradação e exploração florestal [9].

Na última década as séries históricas do PRODES apontam uma redução na área dos polígonos de desmatamento, o que prejudicou a eficiência de detecção realizada pelo DE-

TER, cuja limitação do mapeamento está relacionada à resolução espacial. Isto ocorre porque a resolução do sensor MODIS não permite a detecção de polígonos menores que 25ha, apresentando pouca eficácia na identificação de polígonos com áreas variando entre 25 a 100ha [10] [11].

Assim, em 2015, foi lançado o Projeto DETER - B, o qual se destacou por utilizar imagens do sensor AWiFs, cuja resolução espacial de 56m permitia a detecção de polígonos de até 3 ha. E nos anos seguintes novos sensores foram incorporados ao projeto, por exemplo as imagens CBERS4 e CBERS 4A que ajudaram no avanço e detecção de desflorestamento na Amazônia. O produto mais recente, de origem nacional, o satélite Amazonia 1 que fornece imagens WFI de média resolução, 60 metros, permitindo ao projeto DETER AMAZONIA autonomia na produção de dados de desflorestamento aos órgãos de fiscalização.[12]

Diante disso, este trabalho tem como objetivo identificar padrões de alteração na cobertura florestal, utilizando imagens do sensor *Wide Field Sensor*-WFI (Câmera de Campo Largo) a bordo do satélite Amazonia 1, para fins de monitoramento do desmatamento da floresta amazônica



dentro dos limites do Amazonia Legal (Figura 1), no ano de 2022.

Figura 1. Mapa de Localização do bioma Amazonia monitorado pelo Sistema DETER AMZ.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O programa brasileiro de satélites, denominado de Missão AMAZONIA-1 já produz um grande avanço tecnológico para a ciência nacional, promissoras técnicas, aprimoramentos e autonomia no monitoramento dos biomas braisleiros, uma vez que os projetos dependiam integralmente de imagens de sensores internacionais. O Projeto DETER-AMAZONIA por exemplo, ultimamente utilizava somente imagens dos sensores WFI e AWFI, a bordo dos satélites CBERS-4 e CBERS-4A respectivamente (Tabela 1).

O satélite Amazonia 1 é o primeiro satélite de Observação da Terra completamente projetado, integrado, testado e operado pelo Brasil. Para isso, possui um imageador óptico de visada larga (câmera com 3 bandas de frequências no espectro visível - VIS - e 1 banda próxima do infravermelho - Near Infrared ou NIR) capaz de observar uma faixa de aproximadamente 850 km com 60 metros de resolução[13].

Sua órbita foi projetada para proporcionar uma alta taxa de revisita (5 dias), proporcionando a disponibilidade e aquisição de grande quantidade de dados de alta qualidade de um mesmo alvo no planeta. Esta característica é extremamente valiosa em aplicações como alerta de desmatamento na Amazônia, pois permite o monitoramento em tempo quase real mesmo com ampla cobertura de nuvens na região. [14] (Figura 2).

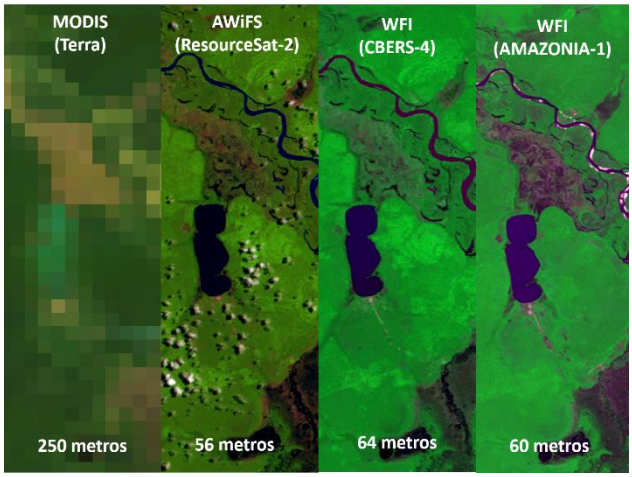


Figura 2. Comparativo visual das imagens RGB utilizadas no projeto DETER AMAZONIA com informação dos sensores, satélites e suas resoluções espaciais.

As imagens fornecidas pelo satélite AMAZONIA 1, são incorporadas a um banco de dados PostGreSQL, construído a partir do programa TerraAmazon versão 7.3.1, baseado na tecnologia da Terralib 5.6.1, que foi desenvolvido pelo INPE para sistematizar a base de dados resultante do monitoramento por satélites do desmatamento na Amazônia. A partir do processamento digital foram extraídas as imagens-fração (RGB, solo, sombra), realizado para realçar as feições a serem observadas. A máscara do PRODES, contendo as classes de hidrografia, não floresta e desmatamento, é utilizada para evitar que desmatamentos anteriores sejam detectados novamente. A auditoria e controle dos dados é gerenciada através de planilhas de controle das imagens colocadas no processo de edição. Desta maneira o presente trabalho identificou os desflorestamentos recentes que estavam fora da máscara PRODES com base nas imagens fornecidas pelo satélite brasileiro.

Tabela 1. Características dos satélites e sensores que fornecem imagens para o projeto DETER AMZ.

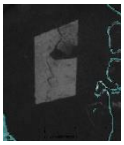
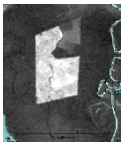
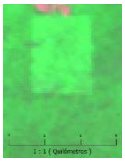
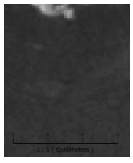
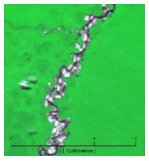
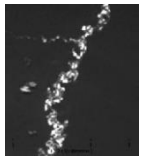
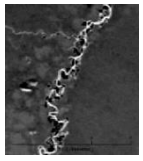
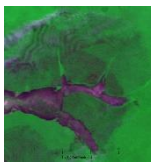
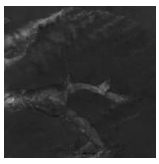
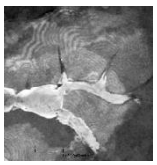
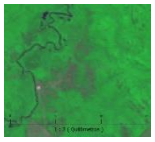
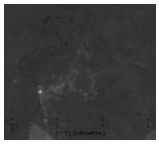
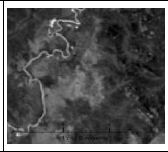
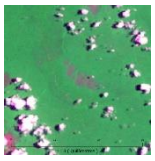
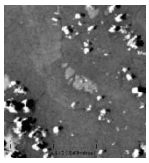
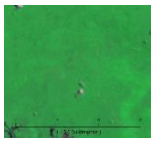
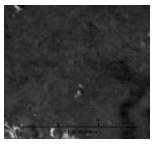
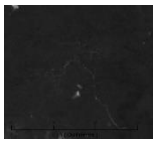
Satélite	CBERS 4	CBERS 4A	AMAZONIA 1
Sensor	Sensor WFI	Sensor AWFI	Sensor WFI
Resolução Espacial	64 m	55 m	60 m

Resolução Temporal	**5 dias**	**5 dias**	**5 dias**
Resolução Radiométrica	**10 bits**	**10 bits**	**10 bits**
Faixa imageada	**866 km**	**684 km**	**850 km**
Bandas Espectrais	**0,45-0,52µm (B) 0,52-0,59µm (G) 0,63-0,69µm (R) 0,77-0,89µm (NIR)**		

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seguindo as classes definidas para o projeto DETER-AMZ, foram identificados sete padrões de alteração na cobertura florestal: Desmatamento tipo corte raso (CR), que consiste em áreas com predomínio de solo exposto sem cobertura florestal e com formas poligonais retas; Desmatamento tipo corte raso com vegetação (VEG), que são caracterizados como áreas delimitadas sem cobertura florestal, mas com vegetação de pequeno porte; Mineração (MIN), degradação relacionada à atividade de extração mineral, geralmente localizada nas margens de rios com exposição de solo e com pequenos lagos artificiais no entorno; Degradação (DEG), esta classe estão as áreas identificadas como exposição de solo com formas irregulares; , Cicatriz de Queimada (CQ) áreas de florestas queimadas (cicatriz de incêndio florestal); Corte seletivo geométrico (CSG), segue os padrões determinados no plano de manejo, com estradas principais evidentes na floresta, estradas secundárias paralelas ao longo das quais se encontram distribuídas as esplanadas para armazenar e escoar a madeira; Corte seletivo desordenado (CSD), áreas das esplanadas são maiores do que no padrão regular conectado as estradas e sem um padrão geométrico definido. Na tabela 2 é observada a chave de interpretação de cada uma dessas classes, bem como suas características quando observadas sobre as imagens em composição colorida na composição RGB, na fração solo e na fração sombra[15].

Tabela 2. Chaves de interpretação para identificação das classes de desmatamento no projeto DETER AMZ.

Classes de Desmatamento	RGB	SOLO	SOMBRA
Corte Raso (CR)			
Vegetação (VEG)			
Mineração (MIN)			
Cicatriz de Queimada (CQ)			
Degradação (DEG)			
Corte Seletivo Geométrico (CSG)			
Corte Seletivo Desordenado (CSD)			

As imagens WFI oriundas do satélite brasileiro AMAZONIA 1 mostram-se bastante promissoras para o monitoramento ambiental e esse fato é confirmado pela frequencia com que essas imagens são usadas no projeto Deter-AMZ. A Figura 3 mostra a frequencia de disponibilidade e utilização das imagens do satélite brasileiro utilizadas no projeto DETER AMAZONIA para o ano de 2022. A partir desses dados foi construído um gráfico de frequencia das imagens utilizadas atualmente no projeto Deter demonstrado na figura abaixo.

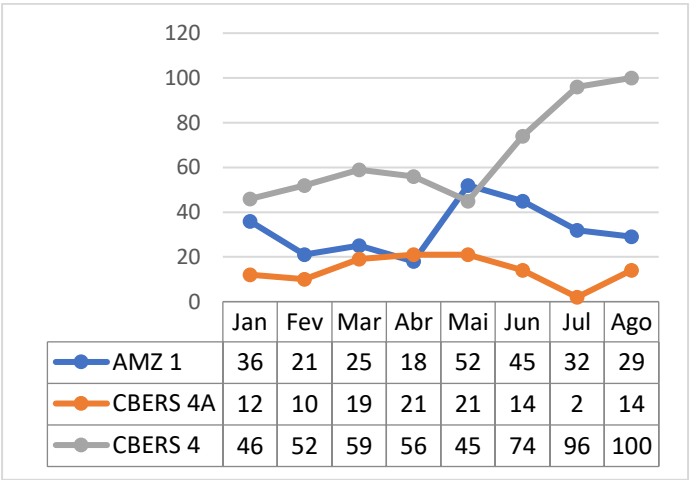


Figura 3. Gráfico de frequência das imagens utilizadas no projeto DETER-AMZ pelos seus respectivos satélites fornecedores para o ano de 2022.

5. CONCLUSÕES

Os dados obtidos através da edição de imagens do satélite brasileiro AMAZONIA-1 indicam sua grande relevância na aquisição e no monitoramento ambiental do bioma amazônico. As imagens pós-processadas pelo MLME resultaram em frações de ótima resposta para os editores do projeto DETER-AMAZONIA, e permitiram um bom desempenho material. Esse desempenho satisfatório permite dizer que as imagens do sensor WFI a bordo do satélite AMAZONIA 1 é um produto de ótima qualidade, estando entre os melhores produtos para o monitoramento ambiental de florestas tropicais como a Amazônia Legal brasileira.

Os dados obtidos pelo projeto DETER-AMZ, através do satélite AMAZONIA 1, significam autonomia científico-tecnológica para atuar na capacitação e para avançar para outros tipos de missão, bem como a possibilidade de trabalhar em todas as etapas de desenvolvimento de missões dentro do país.

A Missão Amazonia, por fim consolida competência global do Brasil em engenharia e gerenciamento de projetos colocando o país em um novo patamar científico e tecnológico para missões espaciais através do INPE.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho teve o apoio do CNPq, através do Projeto Monitoramento dos biomas brasileiros por satélite - construção de novas capacidades, Processo número 444418/2018-0, apoiado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Processos Individuais: 381866/2022-0; 351217/2022-3; 381870/2022-7; 381869/2022-9; 381862/2022-4; 381871/2022-3; 380376/2022-9.

8. REFERÊNCIAS

[1] Alves, D. S. Space-time dynamics of deforestation in Brazilian Amazônia. International Journal of Remote Sensing 23, 2903-2908, 2002.

[2] Fearnside, P. M. The roles and movements of actors in the deforestation of Brazilian Amazonia. Ecology and Society 13(1): 23, 2008.

[3] Achard, F.; Eva, H. D.; Stibig, H.-J.; Mayaux, P.; Gallego, J.; Richards, T.; Malingreau, J. P. Determination of Deforestation Rates of the World's Humid Tropical Forests. Science v. 297, n. 5583, p. 999 - 1002, 2002. Disponível em: http://www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/297/5583/999. Acesso em: 06 jul. 2013.

[4] Foley, J.A.; Asner, G.P.; Costa, M.H.; Coe, M.T.; DeFries, R.; Gibbs, H.K.; Howard, E.A.; Olson, S.; Patz, J.; Ramankutty, N.; et al. Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. Frontiers in Ecology and the Environment, 5, 25-32, 2007.

[7] Souza, A. A. et al. Mapeamento de padrões de mudanças na cobertura florestal em imagens RESOURCESAT-I sensor AWiFS no estado do Acre. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XVII, João Pessoa. Anais... João Pessoa: INPE, 2015, p. 3820-3827.

[8] Anderson, L.O., Shimabukuro, Y.E., DeFries, R.S., Morton, D. Assessment of deforestation in near real time over the Brazilian Amazon using multitemporal fraction images derived from Terra MODIS. Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE 2, 315-318, 2005.

[9] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Monitoramento da cobertura florestal da Amazônia por satélites. Sistemas PRODES, DETER, DEGRAD e QUEIMADAS, 2008. Disponível em: http://www.obt.inpe.br/prodes/Relatorio_Prodes2008.pdf> Acesso em: 04. Jul. 2013.

[10] Rosa, I.M.D., Souza, C., Ewers, R.M. Changes in Size of Deforested Patches in the Brazilian Amazon. Conservation Biology 26, 932-937, 2012.

[11] Escada, M. I. S.; Maurano, L. E; Rennó, C. Dom; Amaral, S.; Valeriano, D. M Avaliação de dados dos Sistemas de Alerta da Amazônia: DETER e SAD. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), Curitiba, 2011. Anais.

[12] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Observação da Terra – INPE/OBT. TerraAmazon. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/projetos/terraamazon>. Acessado em setembro de 2022.

[13] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais–INPE< http://www.inpe.br/amazonia1/sobre_satelite/>. Acessado em setembro de 2022.

[14] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais–INPE <http://www.inpe.br/amazonia1/amazonia.php>. Acessado em setembro de 2022.

[15] Diniz, C. G.; Souza, A. A. A.; Santos, D. C.; Dias, M. C.; Luz, N. C.; Moraes, D. R. V.; Maia, J. S.; Gomes, A. R.; Narvaes, I. S.; Valeriano, D. M.; Maurano, L. E.; Adami, M. "Deter-B: The new Amazon Near Real-Time Deforestation Detection System". Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE, vol. 8, no. 7, pp. 3619-3628, july 2015.