

Uso de imagens dos sensores AWiFS e WFI: análise comparativa para a detecção da Classe Corte Raso na Amazônia no Projeto DETER – B

Laís Freitas Moreira dos Santos²
Jefferson de Jesus Souza²
Jeremias Vitório Pinto Feitosa¹
Douglas Rafael Vidal de Moraes²
Ronise Rafaelle Mendonça Arraes²
Magda Valéria Corrêa Miranda²
Mírian Corrêa Dias ²
Nelton Cavalcante da Luz²
Camila Barata Quadros¹
Emily Regina Siqueira Dias¹
Roberto Wilson Oliveira Dias²
Arlesson Antônio de Almeida Souza²
Cesar Guerreiro Diniz¹
Igor da Silva Narvaes¹
Marcos Adami¹
Alessandra Rodrigues Gomes¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE
Centro Regional da Amazônia - CRA
Av. Perimetral, 2651 – 66077-830 Belém, PA, Brasil
{jeremias.feitosa, camila.quadros, emily.dias, cesar.diniz, igor.narvaes, marcos.adami,
alessandra.gomes}@inpe.br

²Fundação de Ciência, Aplicação e Tecnologia Espacial – FUNCATE
Av. Dr. João Guilhermino, 429 – 12210-131 - Centro - São José dos Campos - SP
{lais.santos, jefferson.souza, douglas.moraes, ronise.araes, magda.miranda, mirian.dias,
nelton.luz, roberto.dias, arlesson.souza}@funcate.org.br

Abstract. In order to improve the Amazon's near real time deforestation monitoring, it was released in 2015 the DETER-B Project, which stands out for using images generated from two different optic sensors, with spatial resolutions capable to map polygons from 3 ha. The sensors are: the Advanced Wide Field Sensor (AWiFS) of the Indian satellite Resource-Sat2 and the Wide Field Imager (WFI) of the CBERS-4 satellite, producing images of 56m and 64m of spatial resolution, respectively, both with revisit time of 5 days. However, the two sensors used by DETER-B Project do not have their bands in the same spectral interval, which causes a significant visual difference between the RGB composition images. This difference can possibly lead to incoherencies in the patterns' interpretations of the Project's mapped classes. Hence, this paper aims to conduct a comparative analysis of the deforestation pattern's detection – specifically for the clear cut class – in the images of both sensors, evaluating the results of the Digital Image Processing resources applied in the images, which are used to standardize as much as possible the classes' detection and mapping in the images from both sensors. Provided that, it was possible to extend the discussion of the methodology techniques developed by the DETER-B Project B in the use of images of sensors with different characteristics for the same feature.

Keywords: Deforestation monitoring, digital image processing, RGB composition, contrast, mixture model linear model, monitoramento do desmatamento, processamento digital de imagens, composição RGB, realce, modelo linear de mistura espectral.

1 Introdução

A aplicação de técnicas e métodos de sensoriamento remoto e geoprocessamento para o monitoramento de floresta por sensores ópticos é uma atividade extremamente importante para o conhecimento da dinâmica de uso do solo, que vem ocorrendo ao longo dos anos na Amazônia (MORAES et al., 2015).

Essas técnicas vêm sendo utilizadas pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) há mais de duas décadas, fornecendo à sociedade brasileira as taxas de desflorestamento na Amazônia Legal, através do projeto PRODES (Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite). No entanto, as taxas são anuais e não permitem a rápida identificação de áreas desflorestadas ainda em processo de expansão, inviabilizando o estabelecimento de ações preventivas e de fiscalização necessárias para desaceleração ou reversão do processo de desmatamento (DINIZ et al., 2013; SOUZA, 2015).

Por essa razão, em 2004, com o intuito de acelerar o mapeamento das áreas desmatadas e fornecer informações em tempo quase real ao IBAMA, o INPE criou um sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Quase Real (DETER), desenvolvido como um sistema de Alerta para suporte à fiscalização e controle de desmatamento (DINIZ et al., 2015). O projeto utiliza imagens do sensor MODIS, a bordo do satélite TERRA, cujas imagens permitem somente a detecção de áreas de desmatamento maiores que 25 hectares (SHANNON, 1998).

Contudo, no mapeamento realizado pelo PRODES, foi identificado um aumento no número de polígonos menores que 25 ha a partir de 2010, mostrando uma mudança de padrão no desflorestamento da Amazônia. Nesse sentido, em 2015, foi lançado o Projeto DETER - B, o qual é considerado como uma evolução de seu antecessor, pelo fato de utilizar imagens de dois sensores ópticos diferentes, com resolução espacial superior ao MODIS. Os sensores são: o Advanced Wide Field Sensor (AWiFs) do satélite indiano Resource-Sat2 e o Wide Field Imager (WFI) do Satélite CBERS-4 – produto de uma parceria sino-brasileira –, os quais produzem imagens de 56m e 64m de resolução espacial, respectivamente, sendo que ambos possuem a resolução temporal de 5 dias.

No entanto, os dois sensores utilizados pelo Projeto DETER-B não possuem bandas no mesmo intervalo espectral: o AWiFs possui duas bandas espectrais no infravermelho, enquanto o WFI possui apenas uma. Assim, quando é realizada a composição colorida RGB, essa distinção nos intervalos espectrais causa uma diferença visual significativa nas imagens geradas e por consequência nas operações de processamento digital de imagem efetuadas, o que pode ocasionar possíveis incoerências na interpretação dos padrões das classes mapeadas pelo projeto.

Dessa forma, pretende-se realizar uma análise comparativa da detecção da classe Corte Raso nas imagens AWiFs e WFI, avaliando os resultados dos diferentes recursos de processamento digital de imagens utilizados para padronizar o máximo possível sua detecção e mapeamento. Assim, pretende-se estabelecer as diferenças na interpretação desta classe, além de avaliar a metodologia de técnicas desenvolvidas pelo Projeto DETER-B na utilização de imagens de sensores com características diferentes para uma mesma feição.

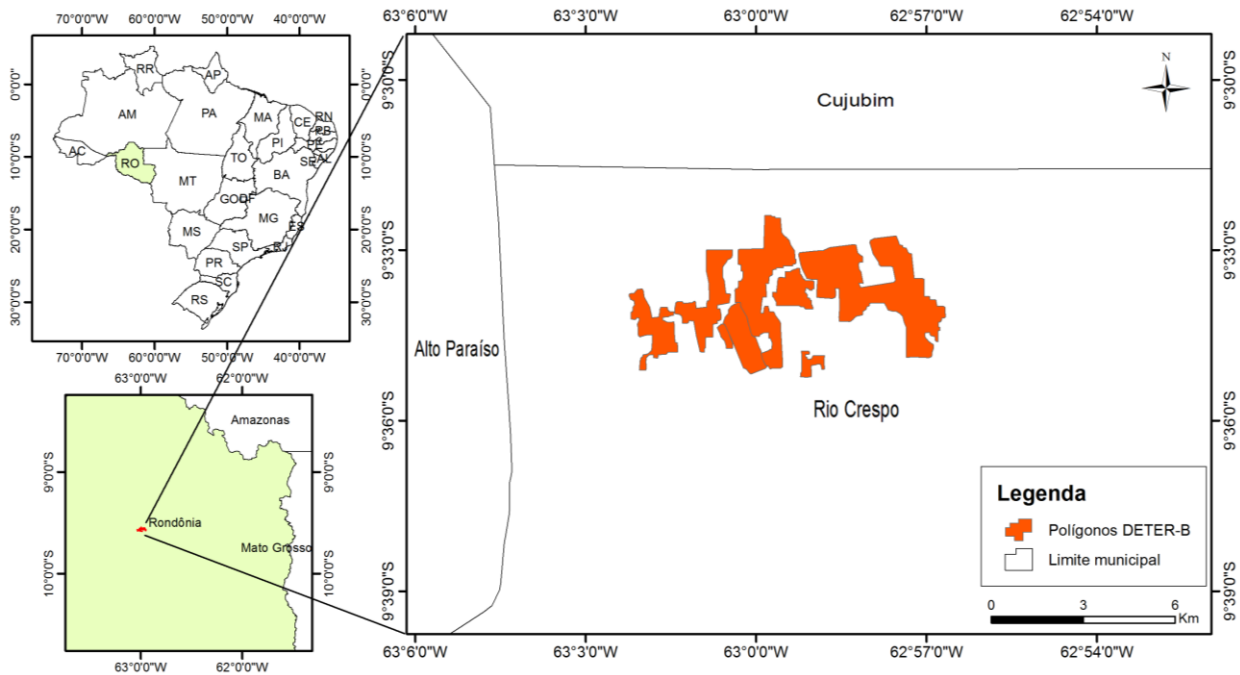
2 Materiais e Métodos

2.1 Área de Estudo

Com a intenção de reduzir a disparidade visual entre as composições coloridas efetuadas para os dois sensores, é possível utilizar uma série de recursos de processamento digital de imagens que auxiliam na detecção da classe Corte Raso, a qual ocorre quando há a exposição de solo em virtude da retirada total da cobertura vegetal de uma determinada área, com

delimitação bem definida. Para aplicação desses recursos e posterior análise, foram escolhidas duas imagens, uma de cada sensor, referentes ao mês de Junho de 2016: AWiFs (R2AWo_28062016_314083A), datada de 28/06/2016, órbita-ponto 314083 e quadrante A; e WFI (C4WFI_29062016_175111), datada de 29/06/2016 e órbita-ponto 175111. A análise comparativa foi realizada em uma área de corte raso comum às duas imagens, localizada no Estado de Rondônia (Figura 1).

Figura 1 - Mapa de localização da área de corte raso analisada, situada no Estado de Rondônia



2.2 Sensor AWiFs

As imagens do sensor Advanced Wide Field Sensor (AWiFs), à bordo do satélite indiano Resource-Sat-2, possui faixa de 740 km de imageamento, tendo os produtos são divididos em quatro quadrantes, com faixa de aproximadamente 370 km cada, com resolução temporal de cinco dias e resolução espacial de 56m. O dado é adquirido em quatro bandas espectrais, sendo B2 (0.52 – 0.59 μm - Verde) e B3 (0.62 – 0.68 μm - Vermelho) no visível, B4 no infravermelho próximo (0.77 – 0.86 μm) e B5 no infravermelho médio (1.55 – 1.70 μm). As imagens são de 12 bits de resolução radiométrica.

Os intervalos espectrais permitem alcançar um produto visualmente satisfatório para interpretação, onde a Banda 3 é alocada no canal do vermelho, a Banda 4 no verde e, por fim, a Banda 5 no azul (Figura 2). No projeto DETER-B, a Banda 2 é descartada dos processos metodológicos.

2.3 Sensor WFI

O sensor Wide Field Image (WFI), do satélite CBERS-4, lançado por meio de uma parceria Brasil e China, possui o mesmo tempo de revisita do sensor AWiFs (cinco dias). A resolução espacial e a radiométrica são ligeiramente inferiores, sendo de 64m e 10 bits. No entanto, no caso da resolução radiométrica, essa diferença torna-se irrelevante, à medida que todas as imagens são convertidas para 8 bits, para fins metodológicos do Projeto DETER-B e importação ao TerraAmazon, o qual incorpora ao seu banco de dados apenas imagens com esta resolução radiométrica (INPE/FUNCATE, 2013).

A faixa imageada é de 866 km, tendo área total similar à do sensor AWiFs. O sensor fornece quatro bandas, sendo B13 (0,45-0,52 μ m - Azul), B14 (0,52-0,59 μ m - Verde) e B15 (0,63-0,69 μ m - Vermelho) no visível e apenas a B 16 no infravermelho próximo (0,77-0,89 μ m). A composição RGB das imagens do sensor WFI foi o resultado da combinação das bandas 15 no canal R, banda 16 no canal G e da banda 14 no canal B (Figura 3).

No entanto, apenas uma das bandas pertence ao intervalo espectral do infravermelho, fazendo com que a qualidade da distinção visual da classe de Corte Raso na composição colorida RGB dessa imagem fique comprometida, uma vez que o canal onde se aloca a banda do infravermelho fica muito mais evidente no resultado da imagem composta, que nesse caso é o canal do verde. Dessa forma, o resultado da composição é uma imagem com o canal do verde potencializado, o que pode causar imprecisão ao distinguir floresta de solo exposto, levando o intérprete a possíveis omissões de áreas de corte raso. Nesse sentido, foram desenvolvidos alguns recursos para distinguir floresta de corte raso mais facilmente nas imagens WFI e garantir a padronização da interpretação visual.

Figura 2 - Composição R-Banda 5; G-Banda 4; B-Banda 3 de uma imagem AWiFs.

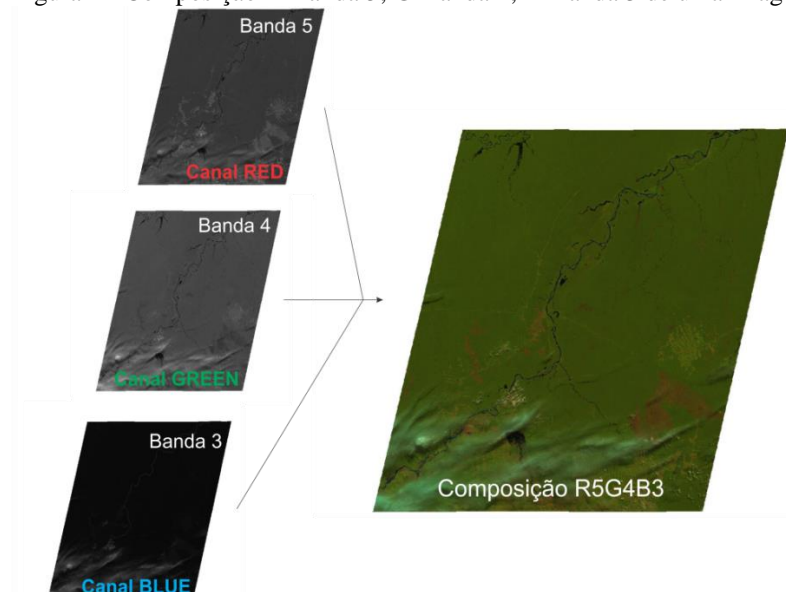
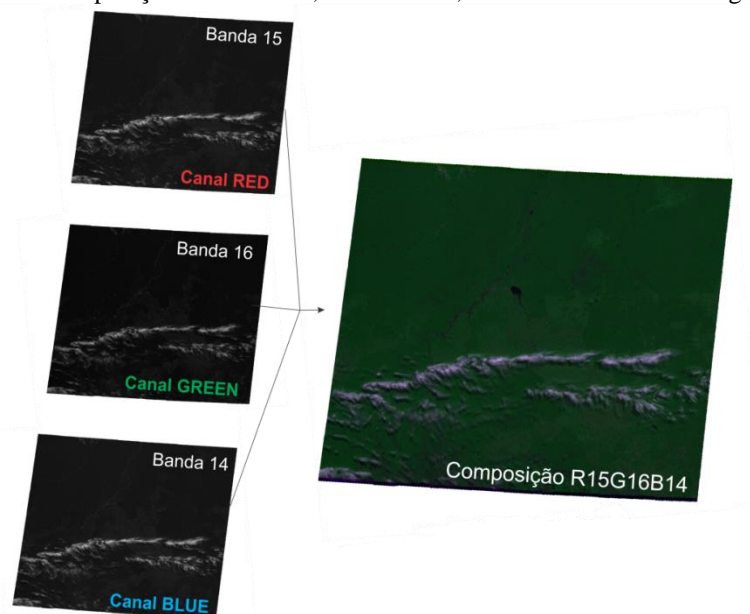


Figura 3 - Composição R-Banda 15; G-Banda 16; B-Banda 14 de uma imagem WFI.



2.4 Recursos de Processamento Digital de Imagens

Foram aplicados três tipos de processamentos nas imagens, visando o aperfeiçoamento da metodologia no sentido de melhor distinguir floresta de solo exposto.

2.4.1 Realce

O realce de imagens consiste num conjunto de procedimentos aplicados para melhorar a qualidade visual. O tipo de realce mais utilizado é a ampliação do contraste de feições na cena, ou seja, os níveis de cinza mais baixos são arrastados para próximo de zero e os mais altos para próximo de 255, no caso da imagem de 8 bits (MOREIRA, 2011).

Essa operação não promove uma transformação total da imagem, mas apenas um rescalonamento dos níveis de cinza dentro do intervalo de quantização da imagem (MARQUES FILHO, 1999). Desta forma, a alteração do histograma da imagem foi realizada sobre a composição colorida RGB.

2.4.2 Modelo Linear de Mistura Espectral

O Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME), proposto por Shimabukuro e Smith (1991) é utilizado para estimativa quantitativa da mistura espectral dos componentes (solo, vegetação e sombra) dentro do elemento de resolução do sensor “pixel”, ou seja, estima as proporções das radiâncias destes diferentes componentes, as quais contribuem na formação da radiância total, gerando as imagens fração solo, vegetação e sombra, calculado pela seguinte fórmula:

$$r_i = a * \text{veg } i + b * \text{ solo } i + c * \text{ sombra } i + e_i \quad (1)$$

onde r_i é a radiância registrada num dado "pixel" na banda i ; a , b e c são as proporções da radiância referentes à vegetação, ao solo e à sombra (ou água) respectivamente, e e_i é o erro na banda i e o subscrito i indica a banda dos sensores AWiFS e WFI utilizadas.

O modelo tem como objetivos básicos reduzir o volume de dados a serem utilizados em um processamento e realçar os alvos de interesse (FERREIRA et al. 2003), que no caso do Projeto DETER-B, é a imagem fração Solo, a qual destaca as áreas de solo exposto, facilitando a distinção de áreas de corte raso e auxiliando na interpretação visual das imagens.

2.3.3 Composição RGB com a Banda 16 (IVP) no Canal do Vermelho na Imagem WFI

Como já foi evidenciado, a composição colorida RGB do sensor WFI gera um resultado insuficiente para a interpretação da classe Corte Raso. Levando em consideração que nas principais características da interação entre a vegetação e a radiação eletromagnética, são esperadas relações inversas nas regiões do visível e do infravermelho médio e relações positivas na região do infravermelho próximo (PONZONI, 2012), este recurso consiste em modificar a composição RGB, mantendo as mesmas bandas, porém utilizando a banda do infravermelho próximo – banda 16 (IVP) – no canal do vermelho, já que o olho humano é capaz de distinguir mais nuances de tonalidades no vermelho do que no verde.

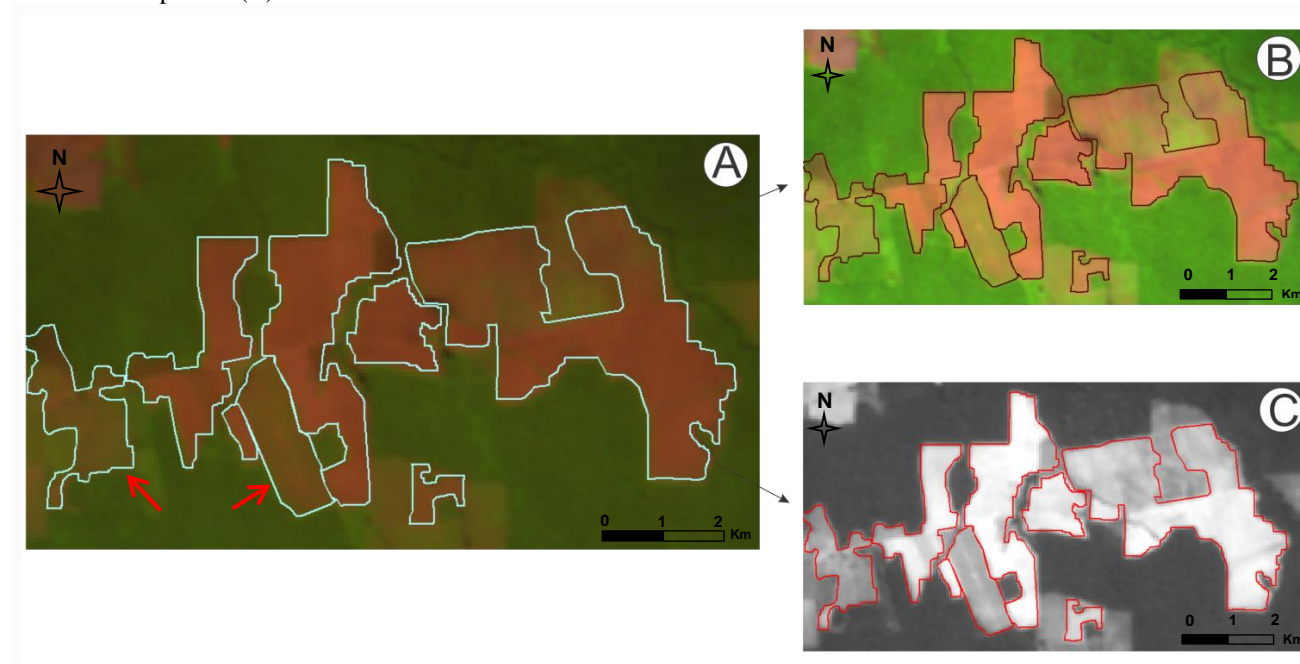
Esse recurso resulta em uma imagem com a vegetação destacada em vermelho, tendo como objetivo proporcionar uma melhor distinção entre os alvos, possibilitando maior clareza na interpretação da classe de Corte Raso.

3 Resultados e Discussão

3.1 Detecção de Corte Raso na Imagem AWiFs

Na imagem AWiFs, são aplicados dois dos recursos de processamento de imagens, o realce e o modelo linear de mistura espectral (Figura 4).

Figura 4 - Área de Corte Raso na Imagem AWiFs RGB (A), Imagem com Realce aplicado (B) e Modelo Linear de Mistura Espectral (C)



A composição colorida da imagem AWiFs apresenta uma qualidade visual satisfatória para detecção da classe Corte Raso (Figura 4 (A)), no entanto, as áreas menos evidentes, as quais estão contidas nos polígonos apontados na imagem, são identificadas com menos clareza, sendo então necessária a aplicação dos recursos, mostrados na Figura 4 (B) e (C).

O primeiro mostra o Realce, onde o ajuste do brilho evidencia as cores verde e magenta, contrastando melhor os limites entre as áreas florestadas e o Corte Raso. O Realce (B) proporcionou maior destaque na definição dos limites da classe quando comparada à imagem RGB, enquanto o Modelo Linear de Mistura Espectral (C) permitiu uma melhor visualização dos alvos no intervalo de níveis de cinza, realçando os pixels de solo exposto, os quais se tornam mais claros em comparação aos de floresta, permitindo a confirmação da presença de solo exposto naquela área.

3.2 Detecção de Corte Raso na Imagem WFI

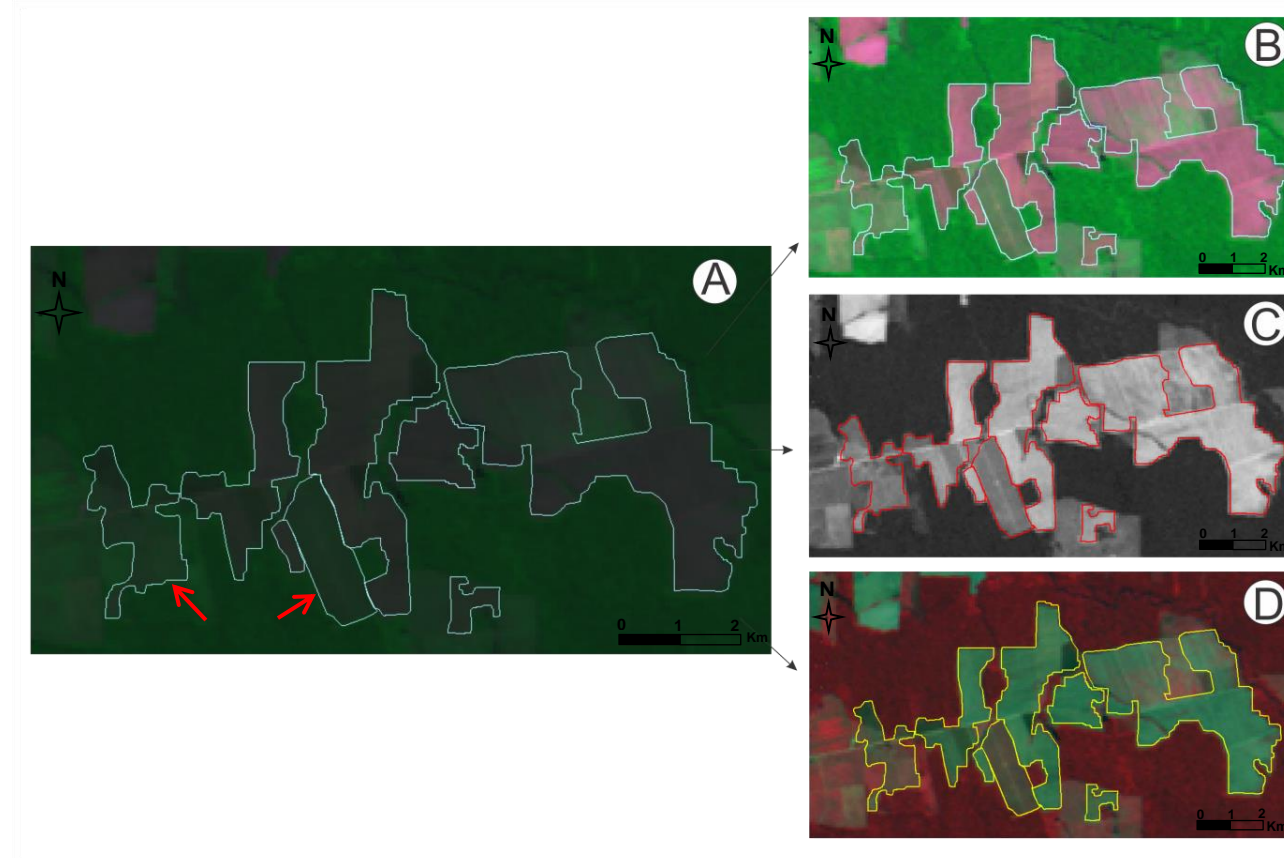
A Figura 5 (A) mostra a composição colorida RGB da Imagem WFI, onde é possível verificar o baixo contraste entre os limites do solo exposto e floresta, além das feições em magenta estarem atenuadas.

Como exemplo dessa atenuação, apontam-se os dois polígonos marcados na figura, os quais indicam áreas de Corte Raso que estavam perceptíveis na composição colorida RGB da imagem AWiFs, mas que dificilmente seriam visualizadas na composição colorida RGB da imagem WFI, antes de passar pelos processamentos propostos.

A Figura 5 (B) mostra a mesma feição na imagem WFI realçada, a qual apresenta uma melhora de distinção da classe, todavia as variações de tonalidades no verde no interior dos polígonos de desmatamento mapeados ainda causam certa confusão com as áreas de floresta.

Na Figura 5 (C), tem-se o resultado da geração da fração solo do MLME, aplicado à composição colorida, processo que facilita realça áreas de solo exposto, permitindo a identificação da classe de corte raso mais claramente. Dessa forma, a imagem fração Solo atua como um recurso extra à composição RGB, podendo ser consultada durante a interpretação para minimizar as incoerências que podem ser causadas pela disparidade entre as composições coloridas dos sensores AWiFs e WFI.

Figura 5 - Área de Corte Raso na Imagem WFI RGB (A), Imagem com Realce aplicado (B), Modelo Linear de Mistura Espectral (C) e Banda 16 IVP no Canal do Vermelho (D)



Por fim, a Figura 5 (D) mostra o resultado do último processamento, onde foi realizada uma nova composição RGB com a banda 16 (IVP) no canal do vermelho, destacando áreas de floresta. Essa composição permitiu uma identificação clara dessas áreas de solo exposto evidenciadas nos polígonos apontados, demonstrando uma eficácia satisfatória deste processamento como produto auxiliar na identificação da classe, sendo este recurso amplamente empregado em monitoramentos de áreas florestais, tanto para a floresta amazônica quanto para os outros biomas brasileiros (PONZONI, 2012; NAGENDRA et al., 2013).

4 Considerações Finais

No que se refere à imagem RGB do sensor AWiFs, embora apresente uma composição colorida RGB visualmente mais clara – uma vez que possui duas bandas no infravermelho próximo –, recomenda-se a utilização do Realce e do MLME de maneira complementar.

Nesse sentido, o uso exclusivamente das imagens RGB dos sensores AWiFs e WFI não é suficiente para distinguir solo exposto de floresta com clareza, sendo necessária a utilização destes processamentos como produto complementar na identificação da classe de corte raso, especialmente do sensor WFI.

Dessa forma, para esse sensor, o uso das técnicas de processamento digital de imagens propostas na metodologia mostrou-se eficaz para assegurar uma interpretação confiável. Verificou-se que dos três recursos utilizados, a composição RGB com a banda 16 (IVP) no canal do vermelho foi efetiva na distinção de solo exposto na área de floresta, no entanto, o Realce e o MLME também são recomendados para a melhor visualização e confirmação de pixels de solo exposto na identificação das áreas de corte raso no projeto DETER-B.

REFERÊNCIAS

- DINIZ, C. G. et al. Sistema Deter-Awifs; Avaliação do uso de Imagens Awifs para detecção do desflorestamento em tempo real. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, XVI, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: INPE, 2013, p. 1244-1249.
- DINIZ, C. G. et al. DETER-B: The New Amazon Near Real-Time Deforestation Detection System. In: **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, Vol. 8, No. 7, July 2015.
- FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G.; SANO, E. E.; SHIMABUKURO, Y. Uso do modelo linear de mistura espectral para o mapeamento sistemático e operacional do bioma cerrado: possibilidades, implicações e procedimentos metodológicos. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, XI, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 657-664.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). FUNDAÇÃO DE CIÊNCIA, APLICAÇÕES E TECNOLOGIA ESPACIAIS (FUNCATE). **TerraAmazon 4.4. User's Guide Operator**. 86 p. 2013. Disponível em: <http://terraamazon.org/images/DocumentacaoTerraAmazon/TerraAmazon_User_Guide_Operator.pdf>. Acesso em: 10 out. 2016.
- MARQUES FILHO, O.; VIEIRA NETO, H. **Processamento Digital de Imagens**. Rio de Janeiro: Brasport, 1999.
- MORAES, D. R. V. et al. Testes para definição dos parâmetros de detecção de nuvens e sombras em imagens do sensor AWiFs no plugin *Cloud Detection*, do aplicativo TerraAmazon. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, XVII, João Pessoa. Anais... João Pessoa: INPE, 2015, p. 5554-5561.
- MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 4 Ed. Viçosa: UFV, 2011.
- NAGENDRA, H. LUCAS, R.; HONRADO, JP. et al. Remote sensing for conservation monitoring: Assessing protected areas, habitat extent, habitat condition, species diversity, and threats. **Ecological Indicators**, 2013, p- 45–59.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y.; KUPLICH, T.M. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação. 2 ed. São José dos Campos: Parêntese, 2012. 164p.
- SHANNON, C. E. Communication in the Presence of Noise. In: **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, vol. 86, n 2. 1998. p. 4447 a 4457.
- SHIMABUKURO, Y.E., SMITH, J.A. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data, **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 29, n 1, p. 16-20. 1991
- 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.