

Detecção semiautomática de nuvens e sombras nas imagens WFI/CBERS-4 utilizando a ferramenta cloud detection do sistema TerraAmazon

Douglas Rafael Vidal de Moraes²
Emily Regina Siqueira Dias ¹
Jeremias Vitório Pinto Feitosa¹
Camila Barata Quadros¹
Mírian Corrêa Dias ²
Jefferson de Jesus Souza²
Laís Freitas Moreira dos Santos²
Magda Valéria Corrêa Miranda²
Nelton Cavalcante da Luz²
Ronise Rafaelle Mendonça Arraes²
Roberto Wilson Oliveira Dias²
Arlesson Antônio de Almeida Souza²
Cesar Guerreiro Diniz¹
Igor da Silva Narvaes¹
Marcos Adami¹
Alessandra Rodrigues Gomes¹

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

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

Abstract. The Amazon region, by its geographical location, with influences of the Intertropical Convergence Zone, offers to optical sensors, the obtainment of images with high cloud coverage in the greater part of the year, which makes difficult and/or prevents the orbital images' interpretation and can become an obstacle for the remote sensing and geoprocessing in the forests' monitoring. Keeping this in view, it was implemented a cloud automatic detection tool, the Cloud Detection, which is available in the application TerraAmazon, developed by INPE and FUNCATE to give support to the projects, developed by the National Institute for Space Research (INPE) for the monitoring of forests. The present work applied different values to the parameters referring to the plugin Cloud Detection in the semiautomatic detection of clouds and shadows for WFI/CBERS-4 images, to verify which parameters collaborate for the efficiency of the detection and vectorization of the two targets in question. The results showed that the values of the morphological filter's opening was the one who collaborates more for the differences in the vectorization; and there will always have confusion related to some water bodies that, because of their similar reflectance, they are detected as shadows, which can be edited manually and deleted of the mapping.

Palavras-chave: DETER-B system, Amazon, digital image processing, morphological filter, sistema DETER-B, Amazônia, processamento digital de imagens, filtro morfológico.

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, e a grande ocorrência de nuvens e suas sombras nesta região, é vista como um obstáculo para o monitoramento.

A Amazônia, em função da sua localização geográfica e de outros processos climáticos, fornece ao longo do ano imagens orbitais com grande cobertura de nuvens, principalmente no período de novembro a abril (Asner, 2001), e a delimitação dessas áreas é essencial para a definição da área útil e realização de estudos comparativos referentes as taxas de desmatamento da Amazônia, em especial o PRODES (Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite).

As nuvens são constituídas por partículas que refletem a radiação solar visível, absorvem, emitem e espalham a radiação infra-vermelha, fato que pode impedir a detecção de feições de interesse na superfície terrestre (Martins et. Al., 2013). Para minimizar esses efeitos negativos é de grande interesse a adoção de ferramentas de detecção das nuvens e suas sombras, como as ferramentas presentes no *plugin Cloud Detection*, disponível no sistema TerraAmazon. Essas ferramentas permitem agilizar o processo de detecção dessas áreas por meio da aplicação de técnicas de processamento de imagens seguindo um padrão pré-determinado, resultando em um dado vetorial que representa os objetos analisados (Abreu, 2008).

O projeto DETER-B (Detecção de Desmatamento em Tempo Quase Real) mapeia alerta de desmatamento, degradação e de exploração florestal na Amazônia Legal. Além das classes de atividade na cobertura florestal, é fornecido também um mapa de área não observada. Este produto representa as áreas cobertas por nuvens e suas sombras e eventuais ausências de cobertura de imagem (INPE, 2016).

Nesse contexto, o objetivo principal desse trabalho foi avaliar a eficiência do aplicativo *Cloud Detection* na detecção semiautomática de nuvens e sombras em imagens WFI/CBERS-4, combinando técnicas de processamento digital de imagens e interpretação visual realizada por foto interpretes, no contexto do monitoramento de florestas realizado pelo INPE, na Amazônia, através do projeto DETER-B desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em conjunto com a Fundação de Ciências, Aplicações e Tecnologias Espaciais – FUNCATE.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Sensor WFI

As imagens utilizadas para este estudo são fornecidas pelo sensor Wide Field Image (WFI), do satélite CBERS-4, lançado através de uma parceria Brasil e China, possui um tempo de revisita de cinco dias. A resolução espacial e a radiométrica são de 64m e 10 bits, respectivamente, onde todas as imagens são convertidas para 8 bits para incorporação no banco de dados do projeto DETER-B no TerraAmazon. O sensor possui faixa imageada de 866 km e fornece quatro bandas, das quais três estão no visível (B13, B14 e B15) e uma no infravermelho (B16) (Tabela 1).

Tabela 1 - Intervalo espectral das bandas do sensor WFI

Banda 13	0,45-0,52 μ m (B)
Banda 14	0,52-0,59 μ m (G)
Banda 15	0,63-0,69 μ m (R)
Banda 16	0,77-0,89 μ m (NIR)

A composição RGB das imagens do sensor WFI é realizada alocando a banda 15 no canal do vermelho, a banda 16 no canal do verde e a banda 14 no canal do azul, formando a imagem colorida (Figura 1).

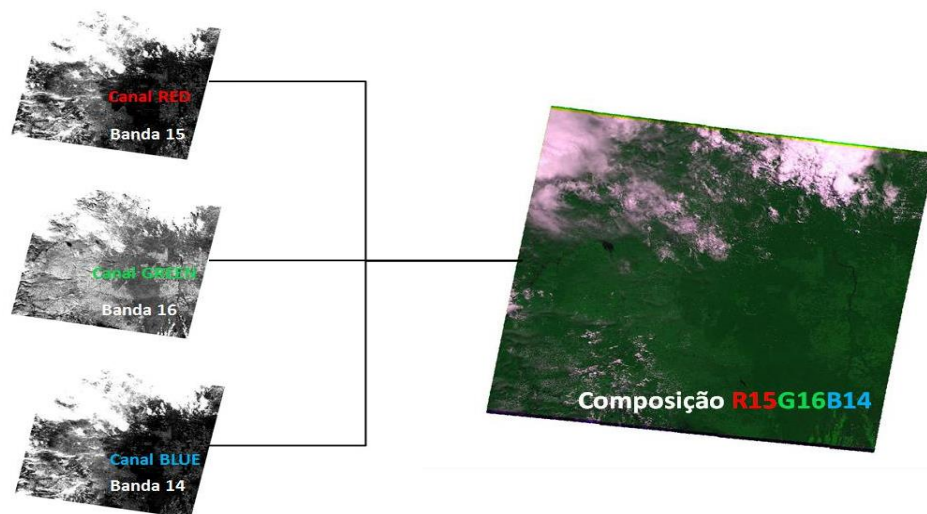


Figura 1. Composição RGB de uma imagem WFI.

2.2. Área de Estudo e processamento da imagem

A área de estudo foi determinada com base na disponibilidade de imagens que tivessem características de acordo com os objetivos deste trabalho. A imagem selecionada foi obtida pelo sensor WFI no dia 18 de abril de 2016, Órbita/Ponto 173/111, cobrindo cerca de 95% do estado de Rondônia e parte dos estados do Mato Grosso, Amazonas e Pará (Figura 2). A imagem apresenta variados tipos de nuvens de acordo com densidade e altitude, além de apresentar outros alvos importantes para a análise dos parâmetros do *plugin Cloud Detection*, como áreas com rios, solo exposto, vegetação e áreas alagadas, uma vez que alguns desses alvos apresentam resposta espectral semelhante a nuvens e sombras.

A imagem foi adquirida gratuitamente por meio do catálogo de imagens do INPE em formato tif. O pré-processamento das imagens (composição RGB e aplicação do referido *plugin*) foi feito utilizando-se o sistema TerraAmazon versão 4.6.2 (FUNCATE, s/d).

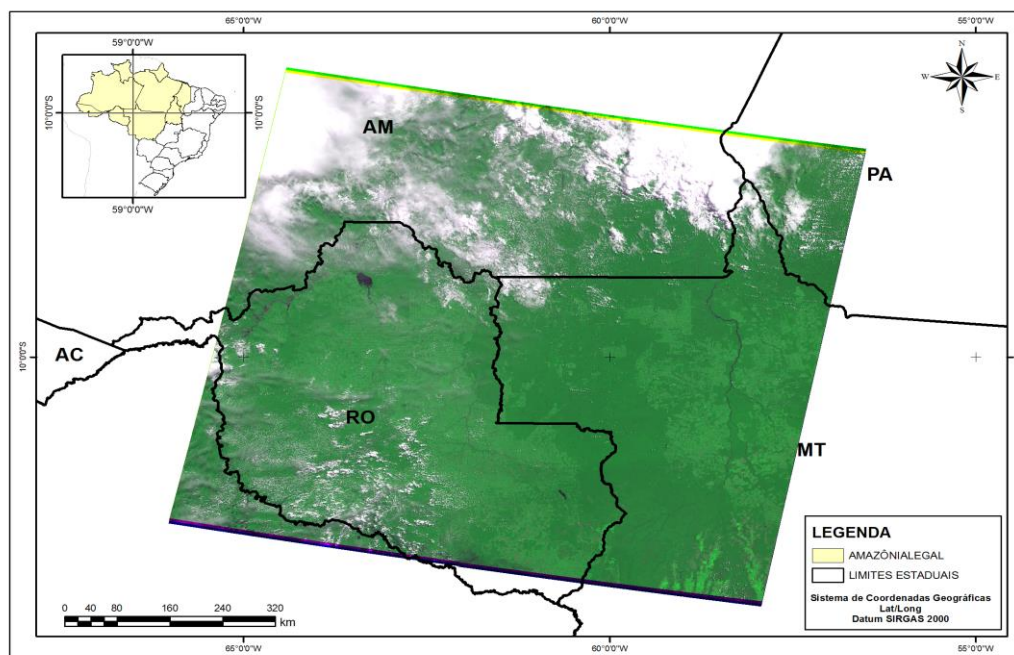


Figura 2. Localização da imagem da área de estudo.

2.3. Aplicativo TerraAmazon e Plugin Cloud Detection

O TerraAmazon é um sistema que foi desenvolvido para auxiliar no monitoramento das florestas tropicais brasileiras, no que se diz respeito ao desflorestamento e uso do solo, tendo os seus dados controlados por um Sistema Gerenciador de Bancos de Dados (SGBD). Neste sistema existem três *plugins* com funções específicas a fim de fornecer assistência nas atividades de projetos com esses objetivos. Dentre os *plugins* disponíveis, tem-se o plugin PDI, que trata do processamento digital de imagens a partir da disponibilização de ferramentas de correção geométrica, classificação, Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME), operadores aritméticos, entre outros. O *TerraPrint*, fornece ferramentas para elaboração de mapas e cartas e o Cloud Detection, utilizado nesta análise (Figura 3), cria possibilidades de identificação e delimitação vetorial de nuvens e sombras por meio da aplicação de fatiamentos e filtros, usando limiares adquiridos através da imagem (Diniz, 2011).

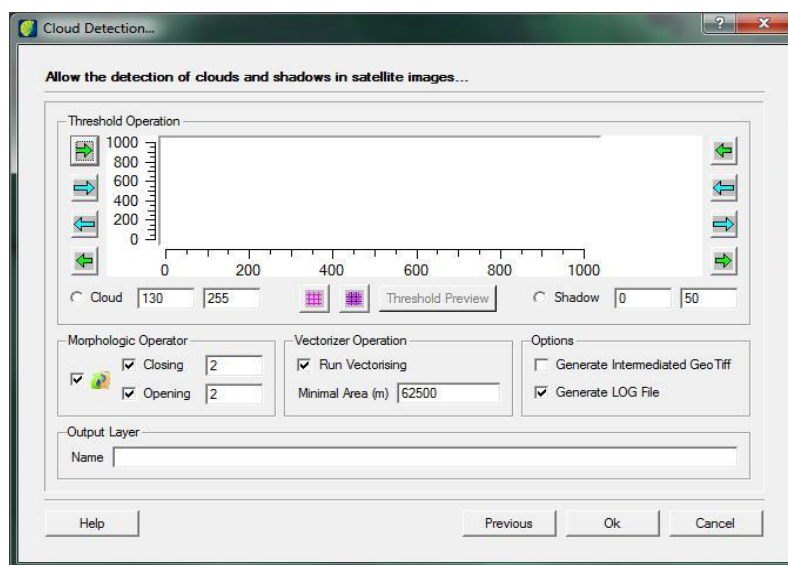


Figura 3. Interface do *plugin Cloud Detection*.

2.4. Metodologia para Detecção

Antes da aplicação do *plugin Cloud Detection*, é necessário obter os valores de referência para realizar a detecção das nuvens e sombras. Para isto, utilizou-se a ferramenta *read pixel* do *plugin* de PDI do TerraAmazon e obteve-se amostras dos valores nos pixels com nuvens e dos pixels com as suas sombras, nas imagens. Após a obtenção dos limiares foi usado o *plugin Cloud Detection* e no limiar *operation*, se inseriu os valores mínimos e máximos dos números digitais dos pixels observados nas amostras. Posterior a esse processo, foram aplicados os filtros morfológicos de erosão e dilatação, que amenizam formas detectadas na imagem, além da inversão de bandas (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros testados.

TESTES	PARÂMETROS UTILIZADOS		
	Filtro de fechamento	Filtro de abertura	Bandas espectrais
Teste 1_1_15_16	1	1	15 - 16
Teste 1_2_15_16	1	2	15 - 16
Teste 2_1_15_16	2	1	15 - 16
Teste 2_2_15_14	2	2	15 - 14

2.5. Bandas utilizadas

Visualizando individualmente as bandas 14, 15 e 16 do sensor WFI e analisando em quais bandas os alvos do estudo apresentavam maior destaque, foi possível definir quais bandas utilizar para a detecção de nuvens e sombras, sendo que as bandas utilizadas foram as B15 e B16.

A banda 15, referente à banda do vermelho (0,63 - 0,69 μm), apresenta maior contraste entre o alvo "Nuvem" devido à alta reflexão das nuvens combinada com a alta absorção da vegetação fotossinteticamente ativa (Ponzoni, 2012).

A banda 16, referente ao infravermelho médio (0,77 - 0,89 μm), por sua vez foi utilizada para o estudo das sombras por apresentar melhor contraste entre o alvo "sombra" e os demais alvos da cena, servindo também para análise dos corpos d'água por conta da sua alta absorção, chegando a causar confusão entre as sombras e os corpos d'água (Abreu, 2008).

No *plugin Cloud Detection*, os canais para a escolha das bandas mostram os valores 1, 2 e 3, associados às bandas 15, 16, 14, respectivamente.

3. Resultados e Discussão

Para a imagem de estudo, os limiares utilizados no *plugin Cloud Detection* para extração de nuvem foram de 50 (limite inferior) e 250 (limite superior) na banda 15 (RED) e para sombras de nuvens utilizou-se a banda 16 (MIR) com limiares 8 (limite inferior) e 16 (limite superior), enquanto que para as bandas 15 e 14, os valores foram 50 e 250 para nuvens e 17 a 34, para sombras.

3.1. Testes com inversão de bandas

A inversão de bandas foi descartada num primeiro momento, devido aos resultados insatisfatórios de detecção e vetorização de nuvens e sombras. A Figura 4 mostra uma comparação entre dois testes com mesmos valores de filtro morfológico (1_1), com as bandas nas ordens (15 e 16) e (15 e 14).

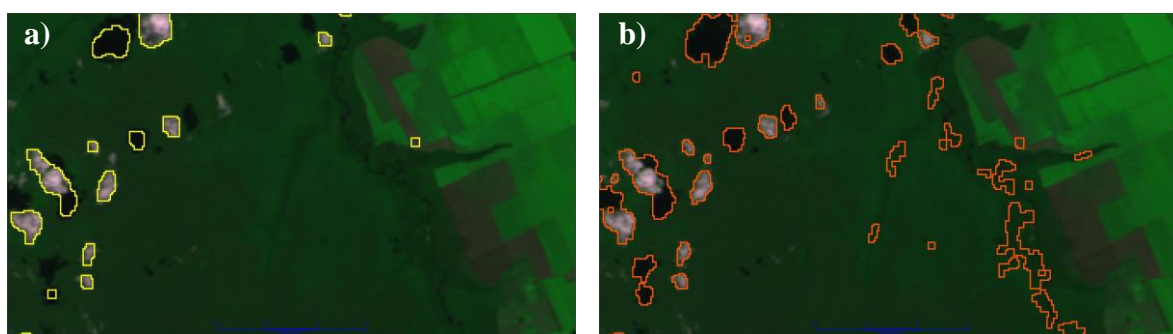


Figura 4. Resultado da inversão de bandas. a) Bandas 15 e 16; b) Bandas 15 e 14 em uma mesma área de seleção da imagem 173/111. Escala 1:40 000.

3.2. Testes considerados

Quanto ao comportamento resultante da variação dos filtros, foram notados os resultados apresentados no Quadro 1. As comparações realizadas levaram em consideração somente os filtros morfológicos, visto que a inversão de bandas foi descartada e que não houve diferença nos valores de área mínima.

Quadro 1. Resultados dos testes de parâmetros do *plugin Cloud Detection*, aplicados às áreas de análise da imagem 173/111.

FILTRO	RESULTADOS
1_1	<ul style="list-style-type: none"> - Vetorizou satisfatoriamente todos os tipos de nuvens. - Melhor vetorização das nuvens menos densas - Confundiu água com sombra (Figura 5). - Individualizou nuvens próximas, fracionadamente.
1_2	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentou comportamento semelhante ao filtro 1_1, abrangendo, relativamente, maior área de nuvens. - A confusão de água com sombra também foi maior. - Agrupou nuvens próximas. - Vetorizou pouco mais que o filtro 1_1.
2_1	<ul style="list-style-type: none"> - Detectou uma quantidade mais reduzida de polígonos em relação aos outros, além de não abranger certas áreas (inclusive sombras) que os filtros anteriores abrangeram (Figura 6). - Detectou menos nuvens densas e menos sombras em relação aos outros filtros, mas sem diferenças muito significantes. - A confusão de água com sombra foi semelhante.
2_2	<ul style="list-style-type: none"> - Abrangeu na vetorização, maior área de nuvem. - Confundiu mais alvos, que nos demais filtros (Figura 7 b). - Distingue nuvens próximas, sem dividi-las demais, como no filtro 1_1.

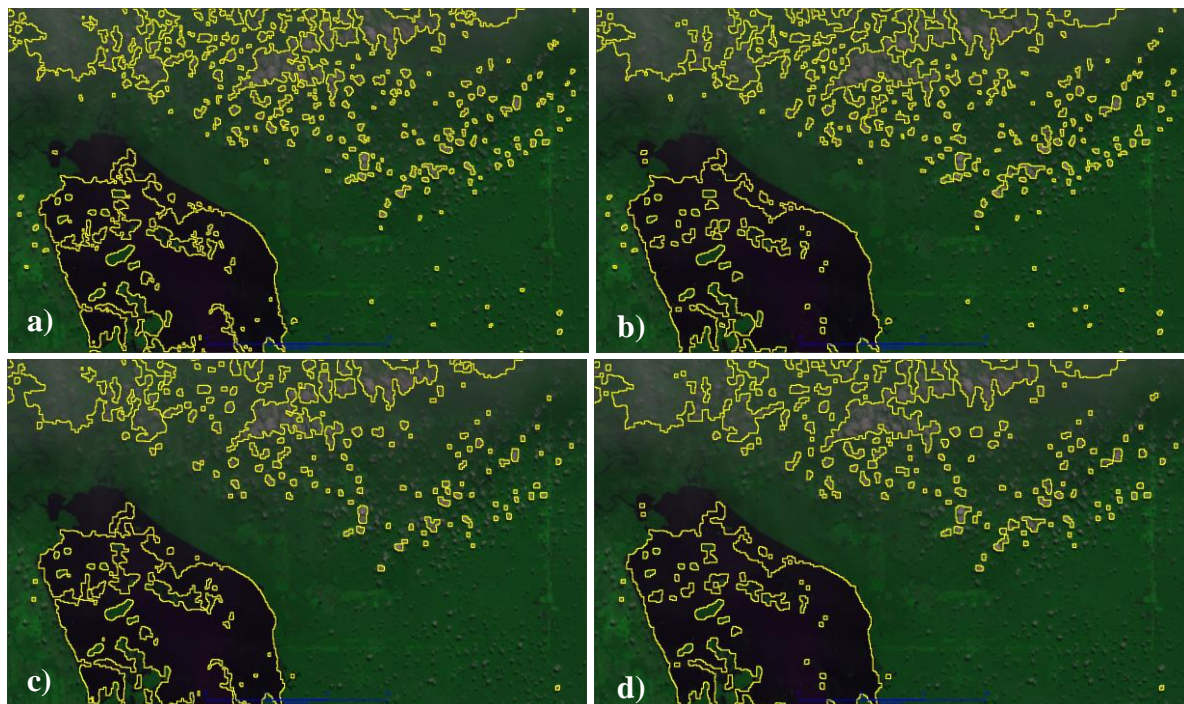


Figura 5. Comparação entre os filtros: a) 1_1; b) 1_2; c) 2_1; d) 2_2. Ambas em área de rio na imagem de Orbita/ponto 173/111. Escala 1:80 000. Os valores sequenciais representam respectivamente os valores de fechamento e abertura do filtro morfológico aplicado.

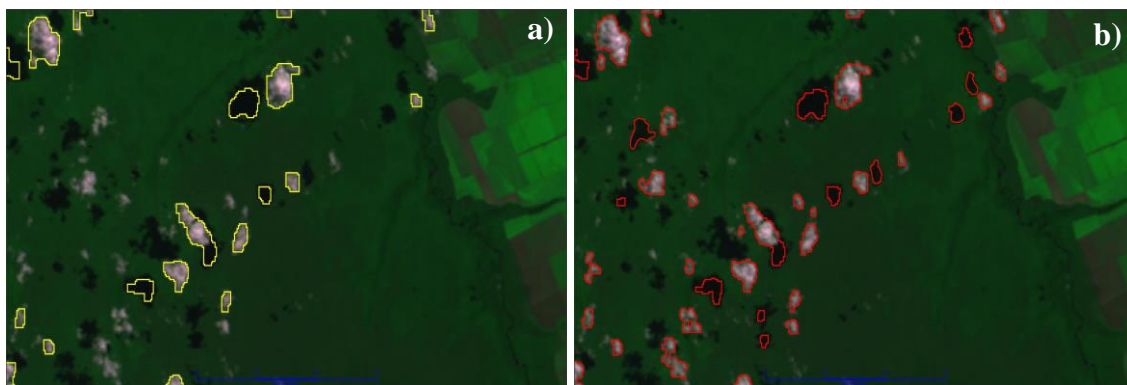


Figura 6. Comparação entre os filtros 2_1 (amarelo), 1_1 (cor vermelho). Escala 1:50 000.

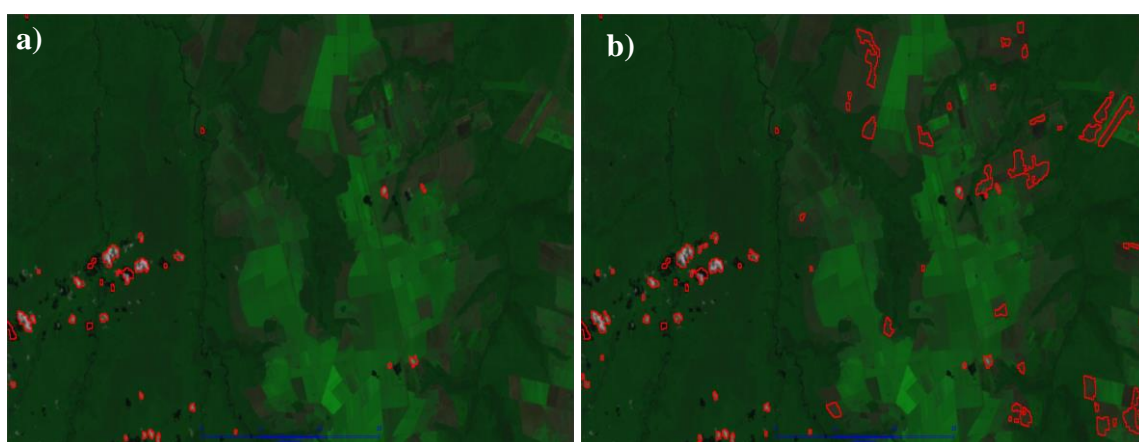


Figura 7. Comparação entre os filtros a) 1_1 e b) 2_2, em uma mesma área de seleção na imagem de órbita/ponto 173/111. Escala 1:100 000.

Quanto ao tempo demandado por todo o processo de detecção de nuvens e sombras, podemos observar que para a imagem 173/111 o tempo total de edição teve variações de acordo com o filtro testado, com média de 1 hora e 19 minutos, tempo considerado razoável para o processo. A edição do vetor com filtro morfológico 2_2 foi de 2 horas e 35 minutos.

4. Conclusões

O valor de abertura do filtro morfológico foi o que mais colaborou para as diferenças na vetorização. Os testes com valores 1 e 2 de interações de abertura e fechamento, respectivamente, foi o que classificou com maior assertividade as áreas de nuvens e sombras na imagem testada.

Mesmo com uma correta obtenção de valores de referência para os limiares a serem empregados, ocorrem erros de inclusão de corpos d'água erroneamente classificados como classe de sombra de nuvem, devido estes alvos apresentarem respostas espectrais semelhantes.

A obtenção de nuvens e suas respectivas sombras com o aumento dos valores dos parâmetros de abertura e fechamento aplicados impactam no tempo de processamento destas, sendo que este tempo maior pode ser atribuído, neste caso, há grande ocorrência de rios na imagem o que demanda mais tempo para eliminar vetorizações incorretas, provenientes da confusão de sombras com água.

Referências

Abreu, E. S. **Cloud Detection using Terralib Development Kit**. São José dos Campos - SP: [s.n.], 2008.

Asner, G.P., 2001. Cloud cover in Landsat observations of the Brazilian Amazon. *International Journal of Remote Sensing* **22**, 3855-3862.

Diniz, C. G. et al. DETER-B: The New Amazon Near Real-Time Deforestation Detection System. **IEEE Journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing**, vol. 8, no.7, July 2015. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7128317/?arnumber=7128317>.

Diniz C. G., Guimarães U. S., Sadeck L. W. R., Gomes A. R., Almeida C. A., 2011. Monitoramento de florestas tropicais utilizando sistema TerraAmazon - Estudo de caso: Costa Oeste do Gabão, África Central. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.15.13.42/doc/p1190.pdf> Curitiba, Brasil . Acesso em: 28 de Ago. de 2016.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Metodologia do Sistema DETER - B (Sistema de detecção do desmatamento e alterações na cobertura florestal em tempo quase real) mapeamento de alertas com imagens dos sensores AWiFS-Resourcesat-2 e WFI-CBERS-4**. Disponível em: <http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/06.03.17.54/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 28 Out 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). FUNDAÇÃO DE CIÊNCIA, APLICAÇÕES E TECNOLOGIA ESPACIAIS (FUNCATE). **TerraAmazon 4.4. User's Guide Operator**. 86 p. 2013. <http://terraamazon.org/images/DocumentacaoTerraAmazon/TerraAmazon_User_Guide_Operator.pdf>. Acesso em: 07/11/2016

Ponzoni, f. j.; shimabukuro, y.; kuplich, t.m. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. 2 ed. São José dos Campos: Parêntese, 2012. 164p