

Imagens RADARSAT-2 aplicadas ao monitoramento ambiental de obras de mobilidade urbana: o caso da Via Expressa Transolímpica no Rio de Janeiro/RJ

Camila Aparecida Lima Lopes^{1,2}

Edson Eyji Sano²

Mariano Federico Pascual²

¹ HEX Informática Ltda - HEXGIS

SCN Qd. 01, Bloco F, Sl. 1406, Ed. America Office Tower – CEP 70.711-905 – Brasília – DF, Brasil

{camila.lima, mariano.pascual}@hexgis.com

² Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA

Caixa Postal 09566 – 70818-900 - Brasília - DF, Brasil

edson.sano@ibama.gov.br

Abstract. This study aimed to analyze the potential of high spatial resolution RADARSAT-2 data to monitor alterations (deforestations) in areas with ongoing constructions related to the urban mobility. The selected test site corresponded to the 50-m buffer along the Transolímpica express highway being constructed in Rio de Janeiro, Brazil. This highway will link the two major centers of competition of 2016 Olympic games in Rio (Deodoro and Jacarepaguá). Two 3-meter spatial resolution, orthorectified, HH-polarized, fine beam mode RADARSAT-2 images from February 5, 2013 (T_0) and August 16, 2013 (T_1) were acquired. Visual inspection of image difference ($T_0 - T_1$) in the computer screen and with the support of ArcGIS 10.1 software allowed the identification of 23 polygons related to the alteration of natural vegetation cover. The size of polygons varied from 0.02 ha to 2.89 ha, with an average of 0.39 ha. The results were validated by the 2-meter spatial resolution GeoEye images. This study showed the potential of high spatial resolution RADARSAT-2 data to monitor changes in the terrain caused by constructions related to urban mobility.

Palavras-chave: *remote sensing, RADARSAT, urban mobility workmanship, sensoriamento remoto, RADARSAT, obras mobilidade urbana.*

1. Introdução

Atualmente existe um número relativamente grande de satélites de radar de abertura sintética (SAR) que opera com diferentes modos de imageamento e voltado para diferentes aplicações ambientais. Estes são, por exemplo, os casos do RADARSAT-2 (banda C; MDA, 2014), ALOS-2 (banda L; JAXA, 2014; Cosmo-SkyMed (banda X; ASI, 2014) e TerraSAR-X (banda X; DLR, 2014). Algumas das principais vantagens dos sensores de radar estão na sua capacidade de adquirir imagens independentemente da presença de nuvens e das condições de iluminação solar e na sua sensibilidade às variações de rugosidade do terreno, densidade de cobertura vegetal e umidade de solos (SANO e MENESES, 2012). Tradicionalmente, as imagens de radar tem sido utilizadas para o monitoramento de desmatamento de coberturas florestais em regiões tropicais (e.g., Ribbes et al., 1997; Almeida-Filho et al., 2009), derramamentos de óleos (Leifera et al., 2012) e estimativas de biomassa e umidade de solo (Sarker et al., 2013), dentre outras aplicações.

Os satélites RADARSAT-2, Cosmo-SkyMed e TerraSAR-X destacam-se dos demais sensores de radar pela capacidade de adquirir imagens com alta resolução espacial, em torno de 2 metros, nos modos de imageamento denominados *SpotLight* ou *Ultra-Fine*, os quais permitem estudos de monitoramento ambiental em níveis mais detalhados que os mencionados acima. Essas imagens têm sido utilizadas, por exemplo, na geração de dados interferométricos para o monitoramento de movimentos de terrenos associados a atividades sísmicas. Elas possuem ainda potencial para o monitoramento de desmatamentos de coberturas florestais localizadas em áreas urbanas, onde as manchas de remanescentes

florestais geralmente são pouco extensas. Um dos agentes causadores desse desmatamento em áreas urbanas é a instalação de rodovias e ferrovias (metrôs, trens e veículos leves sobre trilhos), cujo intuito é o de melhorar as condições de mobilidade urbana.

Tal monitoramento em áreas urbanas é particularmente importante para o bioma Mata Atlântica. Este é o bioma que apresenta a menor porcentagem de remanescentes de cobertura vegetal natural dentre os seis biomas brasileiros (Ribeiro et al., 2009), além de abrigar as maiores concentrações de população urbana do país. Segundo o Art. 81 do Novo Código Florestal Brasileiro, a conservação da vegetação primária ou secundária em qualquer estágio de regeneração da Mata Atlântica cumpre função social e é de interesse público, podendo, no que se refere às áreas sujeitas à restrição de que trata esta Lei, ser computadas para efeito da Reserva Legal e seu excedente utilizado para fins de compensação ambiental ou instituição de Cota de Reserva Ambiental - CRA. O objetivo desse estudo foi analisar o potencial das imagens do RADARSAT (resolução espacial de 3 metros) para o monitoramento ambiental de obras de mobilidade urbana, tendo, como área-teste, a Via Expressa Transolímpica, localizada na cidade de Rio de Janeiro – RJ.

2. Metodologia de Trabalho

A área de estudo correspondeu à área de influência (*buffer* de 50 metros) da Via Expressa Transolímpica, localizada na cidade de Rio de Janeiro – RJ (Figura 1). Essa via, com uma extensão de 26 km, está sendo construída para ligar os dois principais polos de competições esportivas da cidade, Deodoro e Jacarepaguá, onde acontecerá a maior parte das provas dos Jogos Olímpicos de 2016.

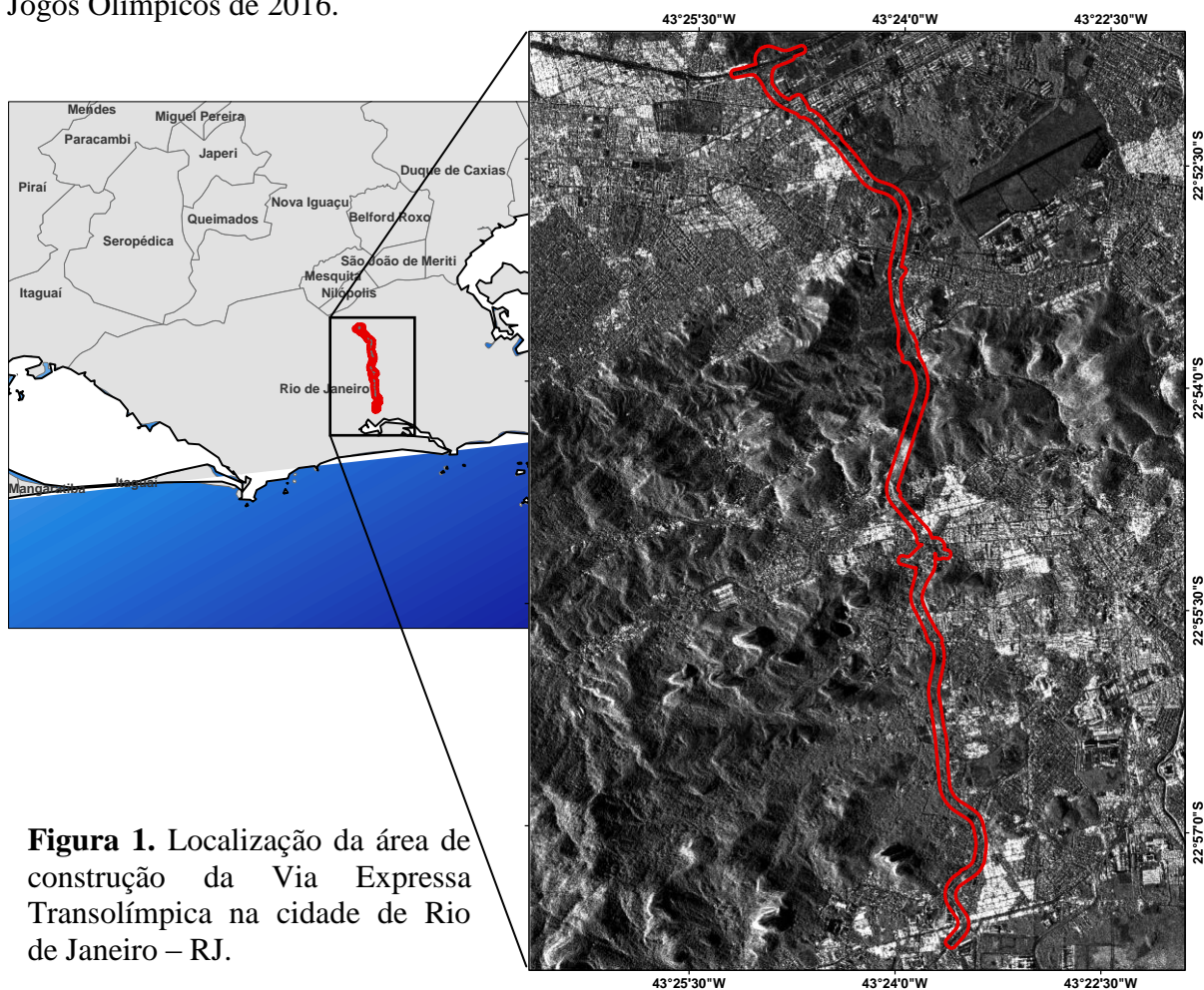


Figura 1. Localização da área de construção da Via Expressa Transolímpica na cidade de Rio de Janeiro – RJ.

Foram utilizadas duas imagens ortoretificadas do satélite RADARSAT-2 com resolução espacial de 3 metros do modo *Multi-Look Fine*, polarização HH. O RADARSAT-2 corresponde a um satélite de radar canadense e foi lançado em 14 de dezembro de 2007. O RADARSAT-2, em relação ao seu antecessor (RADARSAT-1), apresenta diversas melhorias, notadamente na capacidade de multipolarimetria, imageamento em múltiplas direções e inclusão de imageamento nos modos ultra-fino e fino (Figuras 2 e 3) (Jensen, 2009).

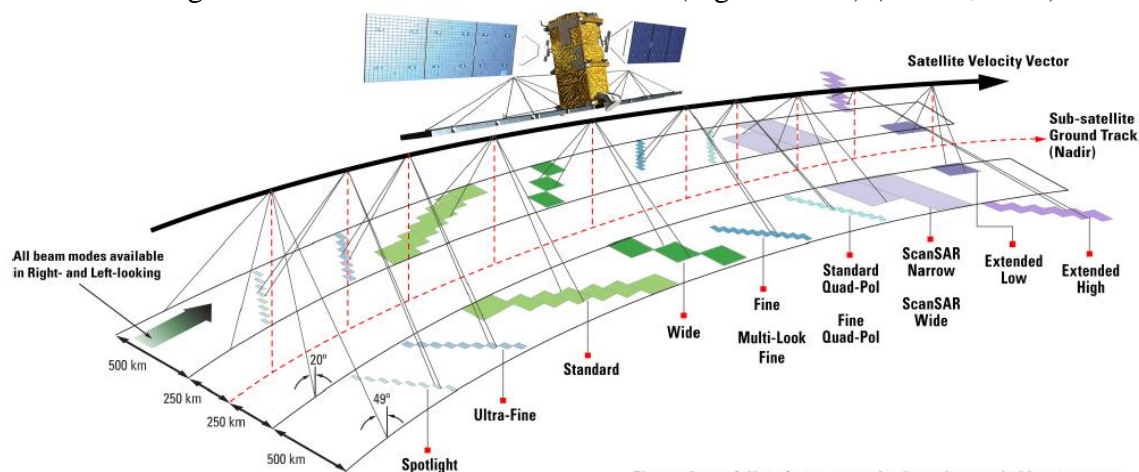


Figure shows full performance and selected expanded beam ranges

Figura 2. Demonstração de algumas das principais características de operação do satélite RADARSAT-2. Fonte: MDA (2014).

BEAM MODE	PRODUCT ¹	Pixel Spacing ^{3,4} [Rng x Az] (m)	Resolution ^{2,5} [Rng x Az] (m)	Scene Size ⁶ [Rng x Az] (km)	Incidence Angle ⁷ °	No. Looks [Rng x Az]	Polarizations Options ⁸
Spotlight	SLC	1.3 x 0.4	1.6 x 0.8	18 x 8	20 to 49	1 x 1	Single Co or Cross (HH or VV or HV or VH)
	SGX	1 x 1/3	4.6 - 2.1 x 0.8				
	SGF	0.5 x 0.5					
	SSG, SPG	0.5 x 0.5					
Ultra-Fine	SLC	1.3 x 2.1	1.6 x 2.8	20 x 20	20 to 49	1 x 1	Single Co or Cross (HH or VV or HV or VH)
	SGX	1 x 1	4.6 - 2.1 x 2.8				
	SGF	1.56 x 1.56					
	SSG, SPG	1.56 x 1.56					
Multi-Look Fine	SLC	2.7 x 2.9	3.1 x 4.6	50 x 50	30 to 50	1 x 1	Single Co or Cross (HH or VV or HV or VH)
	SGX	3.13 x 3.13	10.4 - 6.8 x 7.6			2 x 2	
	SGF	6.25 x 6.25					
	SSG, SPG	6.25 x 6.25					
Fine	SLC	4.7 x 5.1	5.2 x 7.7	50 x 50	30 to 50	1 x 1	Single Co, Cross or Dual (HH or VV or HV or VH or HH+HV or VV+VH)
	SGX	3.13 x 3.13	10.4 - 6.8 x 7.7				
	SGF	6.25 x 6.25					
	SSG, SPG	6.25 x 6.25					
Standard	SLC	8 or 11.8 x 5.1	9.0 or 13.5 x 7.7	100 x 100	20 to 49	1 x 1	Single Co, Cross or Dual (HH or VV or HV or VH or HH+HV or VV+VH)
	SGX	8 x 8	26.8 - 18.0 x 24.7			1 x 4	
	SGF	12.5 x 12.5					
	SSG, SPG	12.5 x 12.5					
Wide	SLC	11.8 x 5.1	13.5 x 7.7	150 x 150	20 to 45	1 x 1	Single Co, Cross or Dual (HH or VV or HV or VH or HH+HV or VV+VH)
	SGX	10 x 10	40.0 - 19.2 x 24.7			1 x 4	
	SGF	12.5 x 12.5					
	SSG, SPG	12.5 x 12.5					
ScanSAR Narrow	SCN	25 x 25	79.9 - 37.7 x 60	300 x 300	20 to 46	2 x 2	Single Co, Cross or Dual (HH or VV or HV or VH or HH+HV or VV+VH)
ScanSAR Wide	SCW	50 x 50	160 - 72.1 x 100	500 x 500	20 to 49	4 x 2	Single Co, Cross or Dual (HH or VV or HV or VH or HH+HV or VV+VH)
Extended High	SLC	11.8 x 5.1	13.5 x 7.7	75 x 75	49 to 60	1 x 1	Single (HH only)
	SGX	8 x 8	18.2 - 15.9 x 24.7			1 x 4	
	SGF	12.5 x 12.5					
	SSG, SPG	12.5 x 12.5					
Extended Low	SLC	8.0 x 5.1	9.0 x 7.7	170 x 170	10 to 23	1 x 1	Single (HH only)
	SGX	10 x 10	52.7 - 23.3 x 24.7			1 x 4	
	SGF	12.5 x 12.5					
	SSG, SPG	12.5 x 12.5					
Fine Quad-Pol	SLC	4.7 x 5.1	5.2 x 7.6	25 x 25	18 to 49	1 x 1	Quad (HH+VV+HV+VH)
	SGX	3.13 x 3.13	16.5 - 6.8 x 7.6				
	SSG, SPG	3.13 x 3.13					
Standard Quad-Pol	SLC	8 or 11.8 x 5.1	9.0 or 13.5 x 7.6	25 x 25	18 to 49	1 x 1	Quad (HH+VV+HV+VH)
	SGX	8 x 3.13	28.6 - 17.7 x 7.6				
	SSG, SPG	8 x 3.13					

Figura 3. Produtos disponibilizados pelo satélite RADARSAT-2.

A seleção das duas imagens do RADARSAT-2 foi feita pelas empresas fornecedoras (HEXGIS – Soluções Geoespaciais Inovadoras e MDA – MacDonald, Dettwiler and Associates Ltd.) que analisaram todas as cenas disponíveis em acervo. Dessa análise, foram selecionadas as imagens de 05 de fevereiro de 2013 e 16 de agosto de 2013, que corresponderam às cenas com mudanças mais expressivas de cobertura do solo na região de estudo conforme observado na imagem diferença (Figura 4).

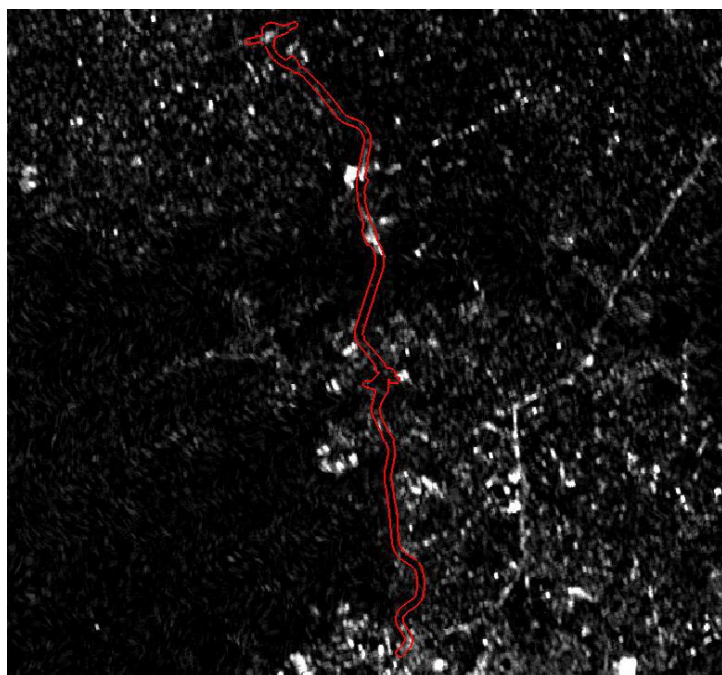


Figura 4. Imagem diferença realizada com base em imagens do satélite RADARSAT-2 para identificar o período de maior mudança na cobertura do solo e selecionar as imagens T_0 e T_1 utilizadas no presente trabalho. As áreas em branco mostram mudanças significativas na cobertura do solo.

As imagens foram mosaicadas e recortadas para o limite da área de estudo com suporte do programa computacional de sistema de informações geográficas ArcGIS 9.1. As áreas desmatamento que ocorreram no período entre essas duas datas de passagem do RADARSAT-2 foram identificadas visualmente na tela do computador, digitalizadas por meio da função de desenho de polígonos disponível no ArcGIS 9.1 e gravadas no formato *shapefile*.

A validação da detecção de alterações obtida nesse estudo foi conduzida com base em duas imagens do satélite GeoEye-1, obtidas em 28 de maio de 2013 e 02 de janeiro de 2014. Ambas as imagens foram adquiridas com resolução espacial de 2 metros e sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), zona 23 Sul e *datum* WGS 84. A análise foi realizada com base na composição colorida RGB das bandas 1, 2 e 3 (Tabela 1).

Tabela 1. Características das imagens do satélite GeoEye-1 utilizadas no presente trabalho.

PARÂMETRO	CARACTERÍSTICAS
Resolução Espacial	0,50 m
Resolução Espectral	Azul: 450 - 520 nm Verde: 520 - 600 nm Vermelho: 625 - 695 nm
Faixa Imageada	37 km
Visada Lateral	24° e 25°
Resolução Radiométrica	8 bits

Fonte: Adaptado de MDA (2014).

3. Resultados e Discussão

Foram identificados 23 polígonos de alterações da cobertura natural na área de influência da Via Expressa Transolímpica (Figura 5). Ao todo, foram identificados aproximadamente nove hectares de desmatamento que correspondem a 4,5% de estudo. As áreas dos polígonos variaram de 0,02 ha a 2,89 ha e média de 0,39 ha.

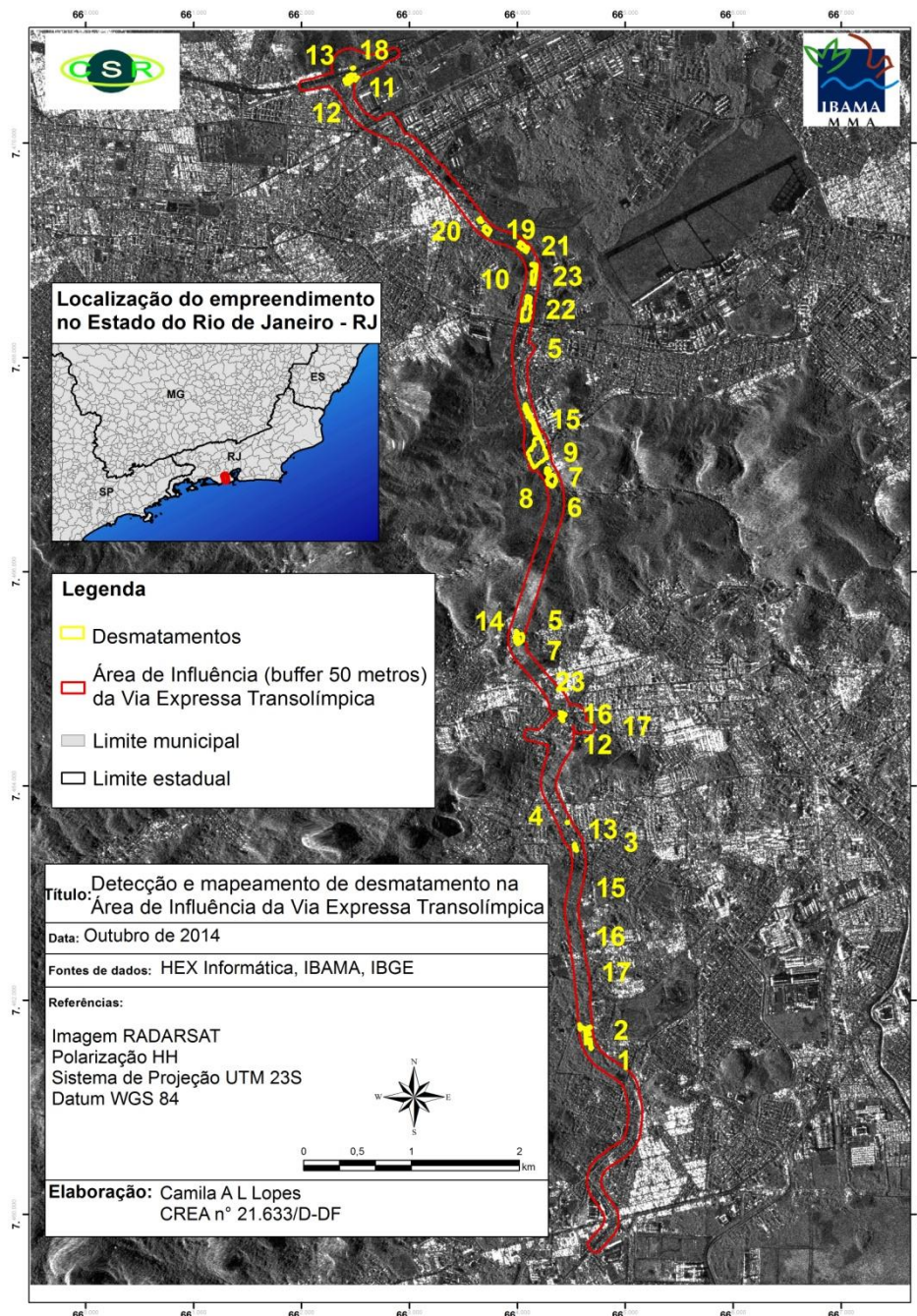


Figura 5. Imagem do satélite RADARSAT-2 de 16 de agosto de 2013, mostrando a localização das áreas de desmatamento ao longo da área de influência da Via Expressa Transolímpica, relativas ao período de 28 de maio de 2013 e 03 de agosto de 2014.

As áreas de floresta apresentaram retroespalhamento mais intenso do que àquelas que sofreram desmatamento nas imagens do satélite RADARSAT-2 dos dois períodos avaliados (Figura 6). Em termos visuais isso significa que as áreas de florestas mostraram-se em níveis de cinza ficam mais claros do que quando esta foi removida.

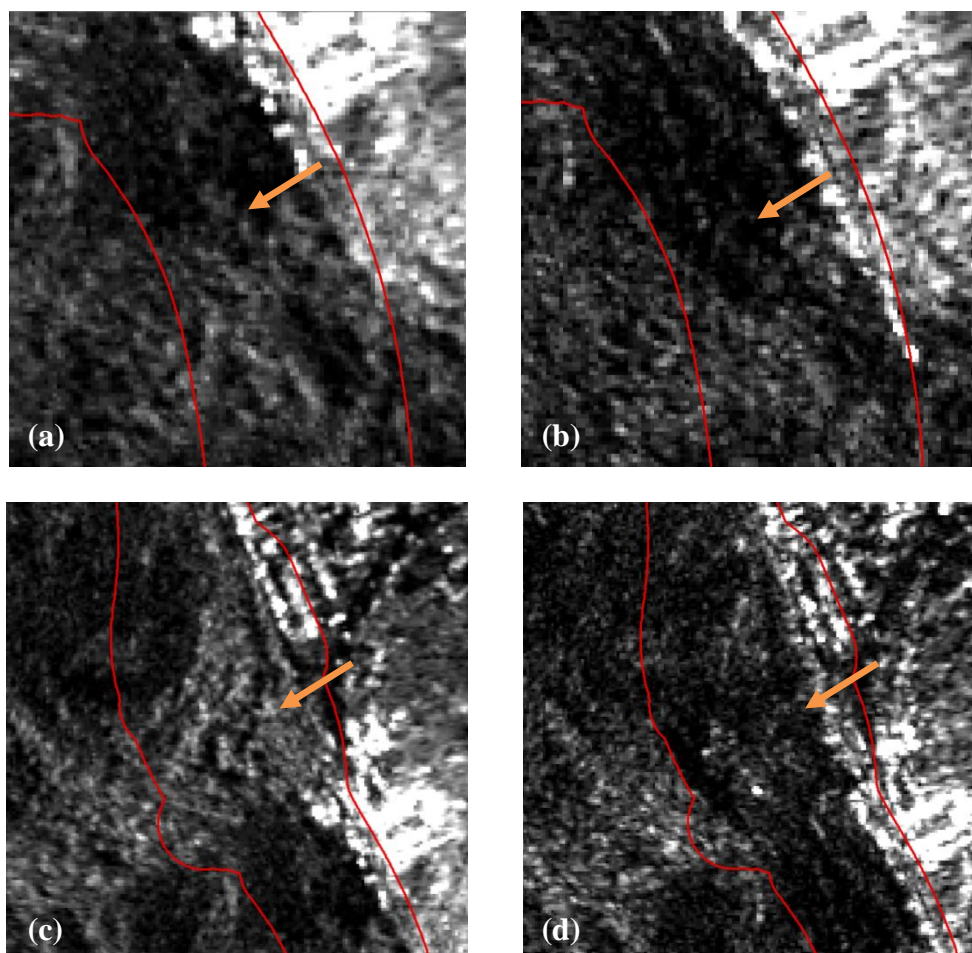


Figura 6. Visualização de desmatamento nas imagens RADARSAT-2 de 05 de fevereiro de 2013 (a, c) e 16 de agosto de 2013 (b, d). As áreas com vegetação possuem retroespalhamento mais intenso (a, c) em comparação às áreas desmatadas (b, d). Em vermelho, o limite externo da área de influência da Via Expressa Transolímpica.

Observando os exemplos acima, percebe-se que é sutil a diferença de retroespalhamento das áreas com e sem floresta nas imagens. Isso dificulta a delimitação manual das áreas desmatadas quando se deseja, por exemplo, dimensionar a área alterada.

Contudo, os valores digitais das áreas que sofreram desmatamento nas duas imagens do RADARSAT-2 foram mais expressivos do que a diferença visual. Para o exemplo, acima (Figura 2 - a, b), o valor mínimo na imagem T_0 foi de 57 enquanto que na imagem T_1 foi de 39. Os valores máximos encontrados, para esse caso específico, foram 159 e 156 para as imagens T_0 e T_1 , respectivamente e a média foi de 95 para T_0 e 76 para a T_1 .

Considerando as 23 áreas de desmatamento detectadas entre o período avaliado, a diferença das médias dos valores digitais foi 18 com desvio-padrão de 3 entre as duas cenas RADARSAT-2. Os valores digitais das áreas com floresta (imagem T_0) foram maiores do que os observados para as mesmas áreas só que sem a cobertura florestal (imagem T_1) (Figura 7). Assim, ferramentas disponibilizadas nos aplicativos convencionais de geoprocessamento como, por exemplo, *Change Detection*, podem auxiliar no monitoramento do desmatamento com uso de imagens SAR. Sobretudo, é importante destacar a importância de convertê-los para valores de sigma zero.

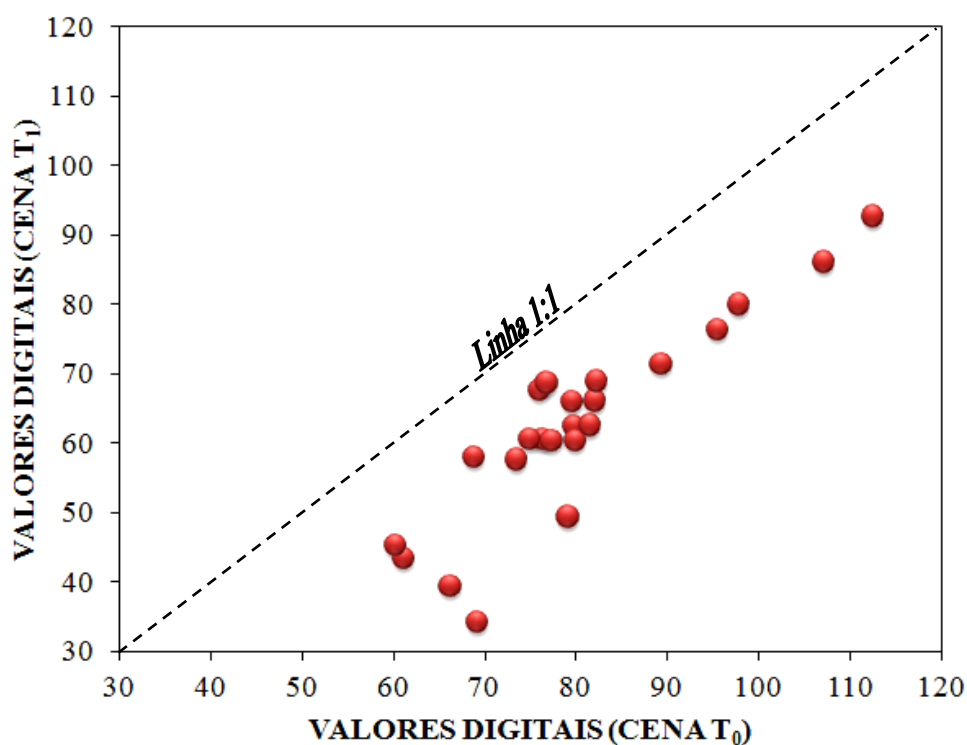


Figura 7. Diagrama de dispersão dos valores digitais observados nas imagens RADARSAT de 28 de maio de 2013 (T_0) e 16 de agosto de 2013 (T_1).

A interpretação visual das imagens óticas confirmaram a presença dos 23 polígonos de desmatamento da cobertura vegetal com base na interpretação visual das imagens GeoEye1 obtidas em 28 de maio de 2013 e 02 de janeiro de 2014 (Figura 8).

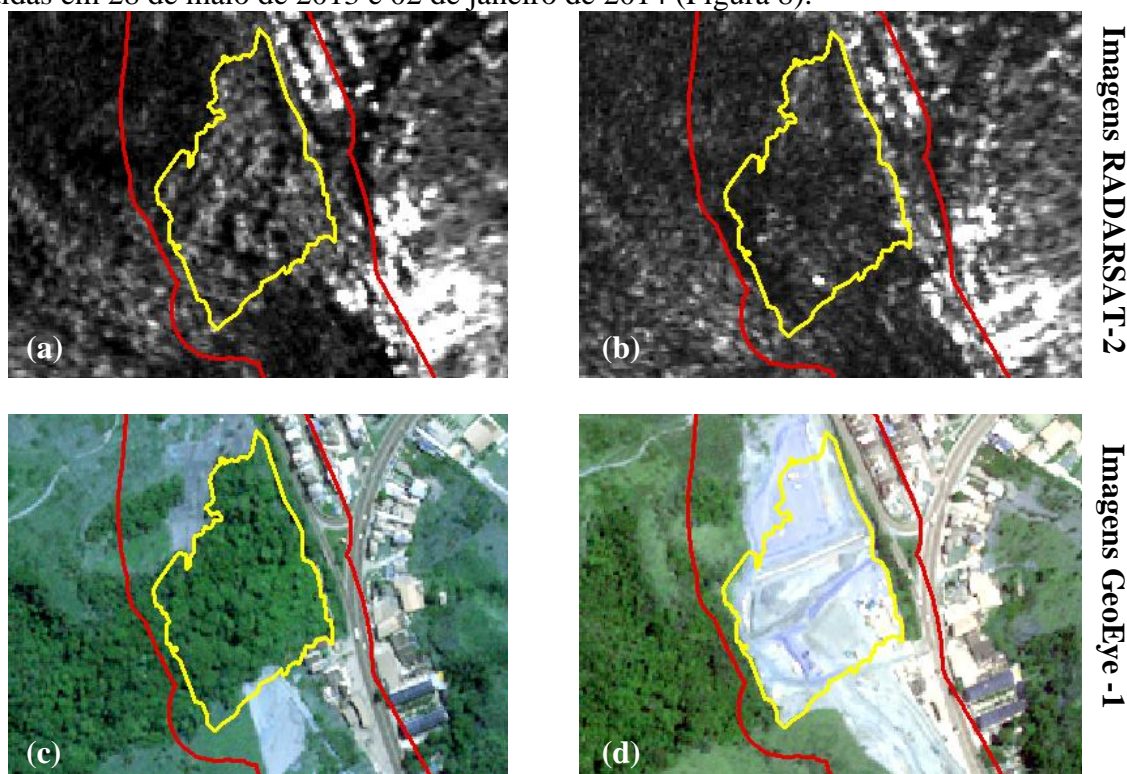


Figura 8. Visualização das áreas de desmatamento nas imagens T_0 (a, c) e T_1 (b, d) do RADARSAT-2 e GeoEye-1.

4. Conclusão

É possível utilizar imagens RADARSAT-2 no monitoramento ambiental de obras relacionadas com mobilidade urbana. A aquisição de imagens independentemente das condições atmosféricas favorecem o uso de imagens SAR para o monitoramento rápido e contínuo de obras de interesse social, as quais muitas vezes são executadas de forma acelerada por causa de prazos limitados tanto na etapa de planejamento como na de execução.

Agradecimentos

Ao Coordenador George Ferreira e todos os colaboradores do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA pela credibilidade. Aos diretores da HEXGIS pela oportunidade e apoio. Aos amigos de trabalho pelas contribuições diárias.

Referências bibliográficas

Almeida-Filho, R.; Shimabukuro, Y. E.; Rosenqvist, A.; Sanchez, G. A. Using dual-polarized ALOS PALSAR data for detecting new fronts of deforestation in the Brazilian Amazonia. **International Journal of Remote Sensing**, v. 30, p. 3735-3743, 2009.

ASI. Agenzia Spaziale Italiana. Disponível em: <<http://www.cosmo-skymed.it/en/index.htm>>. Acesso em: 09.nov.2014.

DLR. German Aerospace Center. Disponível em: <http://www.dlr.de/dlr/en/desktopdefault.aspx/tabid-10377/565_read-436/#/gallery/350>. Acesso em 09.nov.2014.

JAXA. Japan Aerospace Exploration Agency. Disponível em: <<http://global.jaxa.jp/projects/sat/alos/>>. Acesso em: 09.nov.2014.

Jensen, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p.

Leifera, I.; Lehrb, W. J.; Simecek-Beattyb, D.; Bradleyc, E.; Clarkd, R.; Dennison, P.; Huf, Y., Mathesone, S.; Jonesg, C. E.; Holtg, B.; Reifh, M.; Robertsc, D. A.; Svejkovskiyi, J.; Swayzed, G.; Wozencrafth, J. State of the art satellite and airborne marine oil spill remote sensing: Application to the BP Deepwater Horizon oil spill. **Remote Sensing of Environment**. v. 124, p. 185–209, 2012.

MDA. MacDonald, Dettwiler and Associates Ltd. Disponível em: <<http://gs.mdacorporation.com/SatelliteData/Radarsat2/Radarsat2.aspx>>. Acesso em: 09.nov.2014.

Meneses, P. R.; Sano, E. E. Sensor radar de abertura sintética. In: Meneses, P. R.; Almeida, T. (Org.). **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília, DF. Ed. CNPq, 2012. cap. 4, p. 57-76. Disponível em: <<http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>>.

Ribbes, F.; Le Toan, T.; Bruniquel, J.; Floury, N.; Stussi, N.; Soo Chin Liew; Wasrin, U.R., Deforestation monitoring in tropical regions using multitemporal ERS/JERS SAR and INSAR data. In: IGARSS 1997. **Geoscience and Remote Sensing**. v.4, n. 3-8, p. 1560-1562, 1997

Ribeiro, M. C.; Metzgera, J. P.; Martensena, A. C.; Ponzonib, F. J.; Hirotac, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141–1153, 2009.

Sarker, L. R.; Nichol, J.; Iz, H. B.; Ahmad, B. B.; Rahman, A. A. Forest biomass estimation using texture measurements of high-resolution dual-polarization C-band SAR data. **Geoscience and Remote Sensing**. v. 51, n. 6, 2013. <http://www.lsgu.polyu.edu.hk/rsrg/resources/people/paper/IEEE_biomass_texture.pdf>. Acesso em 10.nov.2014.