Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Exposicarta
6 a 9 de novembro de 2017, SBC, Rio de Janeiro - RJ, p. 512-516

USO DE RADAR DE ABERTURA SINTÉTICA AEROTRANSPORTADO PARA MONITORAMENTO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

R. A. S. Rosa[1], J. B. Nogueira Jr.[2], J. M. Lázaro[1], J. R. Moreira[1]

[1]Bradar Indústria S.A., Brasil
[2]Santo Antônio Energia S.A., Brasil

Comissão IV - Sensoriamento Remoto, Fotogrametria e Interpretação de Imagens

RESUMO

Várias técnicas de monitoramento ambiental têm sido criadas e empregadas em todo o mundo, entretanto, com limitações relacionadas às condições climáticas, não surtindo o efeito esperado. É nesse sentido que o uso do SAR (radar de abertura sintética) mostra-se mais adequado, devido sua independência das condições atmosféricas e de iluminação. Este trabalho apresenta os resultados e a análise da aplicabilidade do monitoramento de impactos ambientais por SAR aerotransportado dentro do escopo dos projetos de sustentabilidade da Santo Antônio Energia, incluindo o monitoramento de desflorestamento, monitoramento de macrófitas e detecção de áreas inundadas.

Palavras chave: Monitoramento Ambiental, Imagens Multitemporais, Radar de Abertura Sintética.

ABSTRACT

Several techniques of environmental monitoring have been created and used worldwide, however, with limitations related to the climatic conditions, not having the expected effect. It is in this sense that the use of SAR (synthetic aperture radar) is more appropriate due to its independence of atmospheric and lighting conditions. This paper presents the results and the analysis of the applicability of monitoring of environmental impacts by airborne SAR within the scope of the Santo Antônio Energia sustainability projects, including deforestation monitoring, macrophyte monitoring and detection of flooded areas.

Keywords: Environmental Monitoring, Multitemporal Imaging, Synthetic Aperture Radar.

1- INTRODUÇÃO

O uso do sensoriamento remoto objetivando o monitoramento da dinâmica da terra já é uma realidade. Atualmente existem diversos projetos que se utilizam dos sensores e das técnicas de sensoriamento remoto para, por exemplo, monitorar, do degelo no ártico ao desmatamento na floresta amazônica. Uma das grandes vantagens do sensoriamento remoto é permitir o monitoramento de grandes áreas de forma rápida e eficiente. À medida que as técnicas evoluem, os dados obtidos se tornam cada vez mais precisos.

Basicamente, um projeto de sensoriamento remoto recai nas escolhas dos sensores e técnicas a serem utilizados. A Santo Antônio Energia (SAE) utiliza em seus projetos de monitoramento ambiental radares de abertura sintética (SAR) aerotransportados. Uma das razões principais para essa escolha, se baseia no fato de que tais sensores possibilitam um alto grau de flexibilidade na definição da periodicidade de voos de aquisição, diferentemente dos satélites que possuem uma periodicidade pré-definida pela órbita espacial. Além disso, atualmente, apenas sensores aerotransportados possuem transmissores e receptores radar na banda P, na faixa de 450MHz. Tal frequência é de suma importância para aplicações em floresta densa, pois frequências mais baixas são capazes de penetrar pelas copas da árvores e gerar reflexões suficientemente fortes do terreno abaixo delas.

O monitoramento de desflorestamento e corte seletivo é um projeto piloto em andamento na SAE e que tem como objetivo detectar e localizar as áreas de preservação ambiental que estão sofrendo desmatamento irregular. A detecção e localização de possíveis áreas de desflorestamento são feitas de forma remota e automática por meio de um sistema SAR aerotransportado, o OrbiSAR da empresa Bradar. Tal sistema envolve o sistema radar que gera imagens da superfície do terreno em banda X (9,95GHz) com resolução de 1,0x1,0m obtidas mensalmente, e envolve um software dedicado que varre as imagens radar de forma automática em busca de áreas que sofreram

mudanças, sendo este o indicativo de uma possível ação irregular. Identificados os possíveis pontos de desflorestamento, esses sofrem uma análise humana mais detalhada e se constatados problemas, uma visita ao local é providenciada.

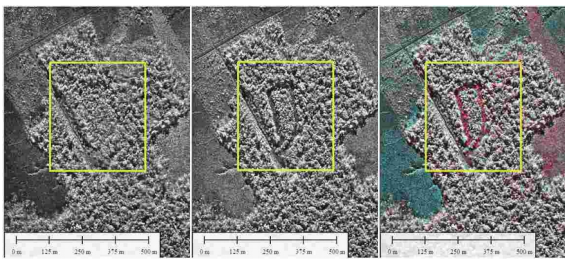
Por fim, esse trabalho conjunto entre a Bradar e a SAE revelou também a capacidade de se detectar macrófitas por meio das imagens amplitude das bandas P e X. Resultados mostram que comparando-se as imagens obtidas simultaneamente em banda X e P é possível identificar as macrófitas pelo radar e assim monitorá-las de forma remota. Além disso, o trabalho com interferometria de banda P diferencial revelou também ser possível detectar a variação do nível d'água abaixo das copas das árvores. Resultados relacionados à identificação de manchas de inundação revelam o potencial dessas observações para o monitoramento de inundações.

2- MONITORAMENTO DE DEFLORESTAMENTO, CORTE SELETIVO E MACRÓFITAS

Um dos temas mais discutidos na atualidade é o referente às mudanças climáticas pelas quais passa o nosso planeta. E um dos fatores de maior relevância entre os que se candidatam como causadores dessas mudanças é o desmatamento das florestas tropicais em todo o mundo. Apenas citando como exemplo a Floresta Equatorial Amazônica, o desmatamento médio dos últimos anos tem sido de 5 mil km²/ano (Bragança e Pegurier, 2013). Esse panorama faz com que cada vez mais órgãos e instituições busquem medidas de fiscalização para a diminuição e prevenção de desmatamentos. No Brasil, os principais programas com essa finalidade são o PRODES (Projeto de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia Legal) – o maior programa de monitoramento de florestas do mundo – e o DETER (Detecção do Desmatamento em Tempo Real), ambos do INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (O Eco, 2013), que fazem o monitoramento através de imagens de satélites. Esses programas têm demonstrado sua relevância, entretanto, possuem duas limitações devido aos sensores utilizados: a resolução das imagens, que é de 15m; e a incapacidade de imagear regiões cobertas por nuvens (Mileski, 2008). No início desses programas, houve uma redução no ritmo do desmatamento na Amazônia, entretanto, após o conhecimento de suas limitações pelos infratores, a taxa de desmatamento voltou a crescer através da utilização de artifícios invisíveis aos sensores: o corte seletivo, que é o corte de árvores isoladas e espalhadas com o intuito de dificultar a identificação; e o desmatamento em períodos de chuva, nos quais os sensores ópticos possuem restrição de imageamento devido às nuvens (Mileski, 2008). É nesse sentido que a detecção de mudanças por meio de imagens de radar, em especial o SAR (Radar de Abertura Sintética), mostra-se como o melhor sistema para o monitoramento de florestas tropicais e equatoriais, graças a sua independência das condições climáticas sem perder a alta resolução. O objetivo desse projeto foi aplicar uma metodologia capaz de detectar mudanças na superfície dentro de um intervalo de tempo a partir de orto-imagens SAR com aquisições temporalmente espaçadas, entretanto, idênticas quanto à geometria (multitemporais). A meta foi identificar regiões onde houve algum tipo de alteração, como por exemplo, aparecimento de clareiras em áreas de vegetação, trilhas, alterações nas bordas das florestas, cortes seletivos, crescimento de pastos, plantios e demais dinâmicas do uso do solo.

A metodologia aplicada foi a composição RGB de orto-imagens SAR: a banda R é composta da orto-imagem SAR mais antiga e as bandas G e B são iguais e possuem a orto-imagem SAR mais recente, dessa forma, as regiões em vermelho representam áreas em que houve diminuição do retorno do sinal do radar da primeira para a segunda aquisição, ou seja, áreas onde os alvos "desapareceram" (como por exemplo, árvores cortadas), as regiões em ciano (verde + azul) representam áreas em que ocorreu o contrário, isto é, áreas em que o retorno do sinal do radar aumentou devido ao "surgimento" de alvos (por exemplo, crescimento de pasto) e as regiões em tons de cinza representam áreas onde não houve nenhuma mudança significativa.

As figuras a seguir apresentam exemplos de orto-imagens SAR do sensor aerotransportado OrbiSAR-2 da Bradar, obtidas na região de Porto Velho-RO em 2013, com indicações de mudanças através dessa metodologia de composição RGB. A Figura 1 apresenta três imagens: (a) e (b) são orto-imagens SAR obtidas com 1 mês de intervalo entre elas; e (c) apresenta uma composição RGB dessas mesmas orto-imagens, seguindo a metodologia descrita no parágrafo anterior. Nessa última imagem, as regiões em vermelho correspondem a um desmatamento e as regiões em ciano representam áreas em que houve crescimento de pasto.



(a) (b) (c)

Fig. 1 – Orto-imagens SAR obtidas pelo sensor OrbiSAR-2 em 23/09/12 (a) e 20/10/12 (b); e sua composição RGB (c)

A Figura 2 mostra a capacidade do SAR em detectar o corte seletivo: essa figura também é uma composição RGB de duas orto-imagens SAR adquiridas com 1 mês de intervalo entre elas, gerada com o mesmo princípio da imagem (c) da Figura 1, ou seja, as regiões em vermelho representam as árvores cortadas. Nessa imagem, as regiões em ciano representam áreas em que o retorno do sinal do radar aumentou, ou seja, áreas onde

os alvos “apareceram” (árvores que estavam ocultas no primeiro imageamento e ficaram expostas no segundo).

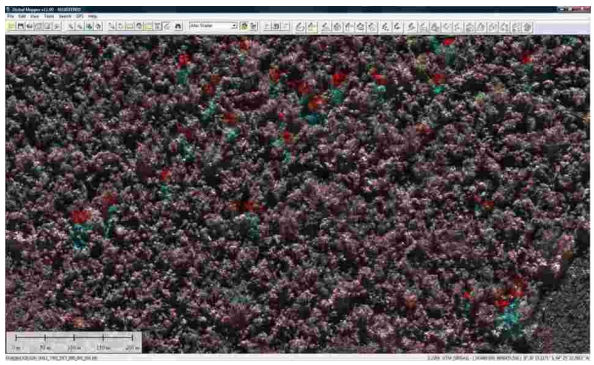


Fig. 2 – Composição RGB de orto-imagens SAR multitemporais indicando o corte seletivo em vermelho e o surgimento de alvos em ciano

Na Figura 3 tem-se uma composição RGB de duas aquisições multitemporais identificando um desmatamento nas margens do Rio Madeira e a Figura 4 apresenta a fotografia aérea da respectiva região obtida logo após a segunda dessas aquisições, comprovando a detecção.

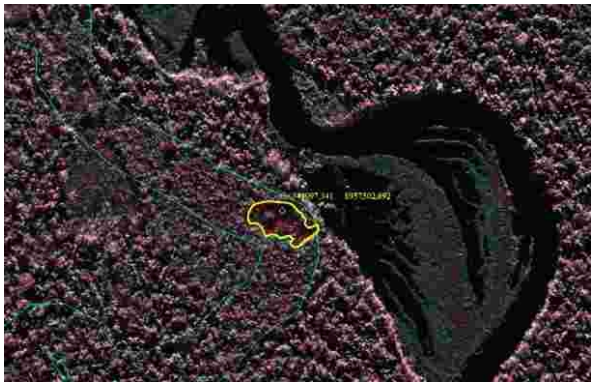


Fig. 3 – Composição RGB de orto-imagens SAR multitemporais indicando desmatamento na região delimitada pelo contorno amarelo

Fig. 4 – Fotografia aérea da área desmatada indicada na Figura 3

E finalmente, na Figura 5, tem-se um composição RGB de duas aquisições multitemporais demonstrando a dinâmica de macrófitas no Rio Madeira.

As orto-imagens utilizadas cobriam uma área de cerca de 2mil km² e foram adquiridas em 48 meses a partir de setembro de 2012, com 1,0m de resolução planimétrica. Para se testar a metodologia, comparou-se seus resultados com os dados de referência criados manualmente por operadores experientes a partir da análise das aquisições multitemporais e com amostras coletadas em campo. Para medir-se a acurácia da detecção em relação à referência, selecionou-se aleatoriamente nessa área, por meio de sorteio, 20 pares de orto-images SAR multitemporais com 0,25 km² (500 x 500 pixels) não-vizinhas e sem intersecção entre si. Calculou-se a acurácia de todas as 20 regiões selecionadas e, posteriormente, a acurácia média, obtendo-se o valor de 97,49%.

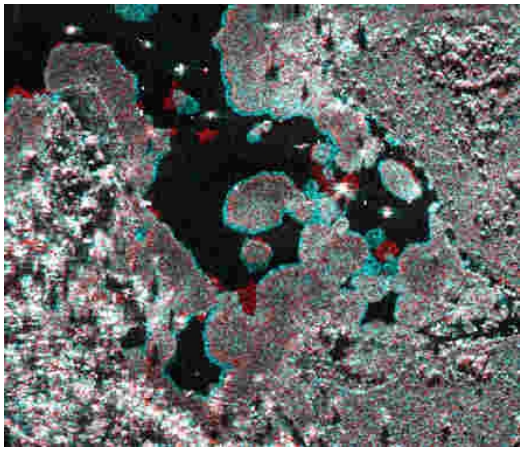


Fig. 5 – Composição RGB de duas aquisições SAR multitemporais feitas pelo sensor OrbiSAR-2 da Bradar demonstrando a dinâmica de macrófitas no Rio Madeira

3- DETECÇÃO DE ÁREAS INUNDADAS

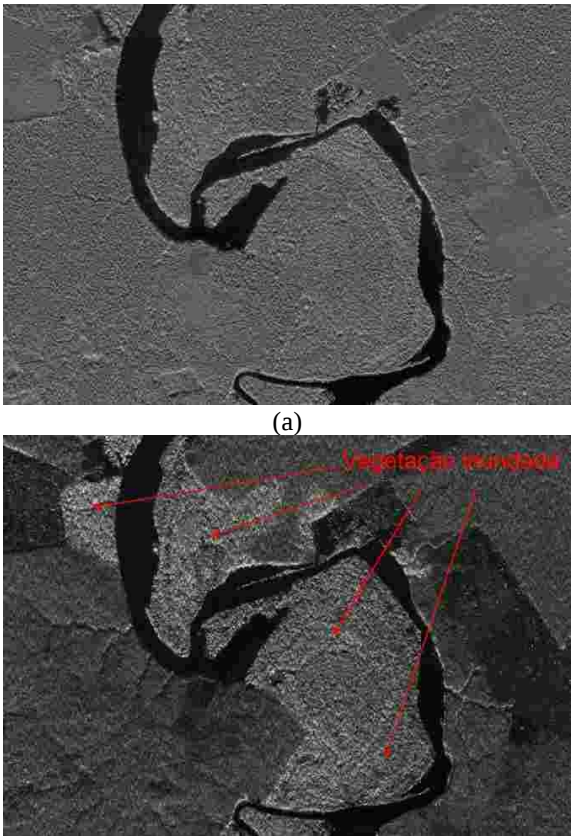
Em 2014, o Rio Madeira registrou as maiores cheias observadas em todas as estações fluviométricas da bacia (Gambetti, 2016). Com o aumento do volume do rio, áreas de seu entorno acabam sendo inundadas, podendo causar danos tanto aos habitantes que residem na sua proximidade quanto ao próprio meio ambiente. Essas áreas inundadas podem existir tanto em áreas abertas, ou seja, com ausência de vegetação, como em áreas de mata fechada, como florestas. Monitorar a quantidade de água presente nessas áreas é de suma importância na prevenção e controle de impactos ambientais.

O monitoramento das regiões inundadas localizadas em áreas abertas é facilitado através da utilização de imagens que podem ser obtidas por sensores ópticos, já que, por não haver a obstrução das copas das árvores que impedem a sua identificação, a vetorização pode ser realizada sem maiores problemas. Porém, as regiões de mata fechada tornam-se um verdadeiro desafio, pois as copas das árvores dificultam ou impedem a sua

visualização através deste tipo de imagem e, consequentemente, o seu monitoramento. Para sanar este problema, a tecnologia SAR permite, através do monitoramento com radar e aquisições temporalmente espaçadas (multitemporais), identificar, delimitar e monitorar as linhas de contorno das áreas inundadas, também denominadas manchas de inundação, tanto em regiões com ausência de vegetação como em regiões de mata fechada. Isso é possível devido às características particulares de penetrabilidade das ondas eletromagnéticas geradas pelo radar, principalmente as bandas X e P. No caso de regiões abertas, a banda X, com alta resolução espacial, permite a identificação e a vetorização precisa dos rios e corpos d'água visíveis. Já para as regiões de mata fechada, é utilizada a banda P, que possui a característica de penetração através das copas das árvores, permitindo a identificação de água abaixo da floresta.

O objetivo deste projeto foi justamente apresentar um método que utiliza imagens de radar para a vetorização da mancha de inundação tanto em áreas abertas como em áreas de mata fechada. Quando o radar emite um sinal de banda P em uma área com vegetação inundada, esse sinal atravessa a copa das árvores, encontra a água (que não possui rugosidade) e este sinal que, a princípio, não retornaria para o radar, rebate nos caules de árvores existentes e retorna ao radar. Isso faz com o que o sinal retorne de maneira mais forte, gerando um brilho mais intenso nestas áreas (próximo da cor branca). Para estes casos, de vegetação inundada, a imagem de banda X não tem grande contribuição, já que, em sua resposta, é possível a identificação apenas das copas das árvores. A Figura 6 mostra os casos citados.

Vetorizou-se as manchas de inundação observadas e comparou-se os resultados obtidos com 20 pontos de controle coletados em campo, obtendo-se um erro médio de 2,86m e um desvio padrão de 4,12m. A Figura 7 exibe a mancha de inundação vetorizada a partir do método proposto, assim como a localização e representação dos pontos de controle coletados em campo ao longo do reservatório.



(a)

(b)

Fig. 6 – Imagem banda X, onde não é possível a percepção da vegetação inundada (a) e Imagem P, mostrando claramente a vegetação inundada (b)

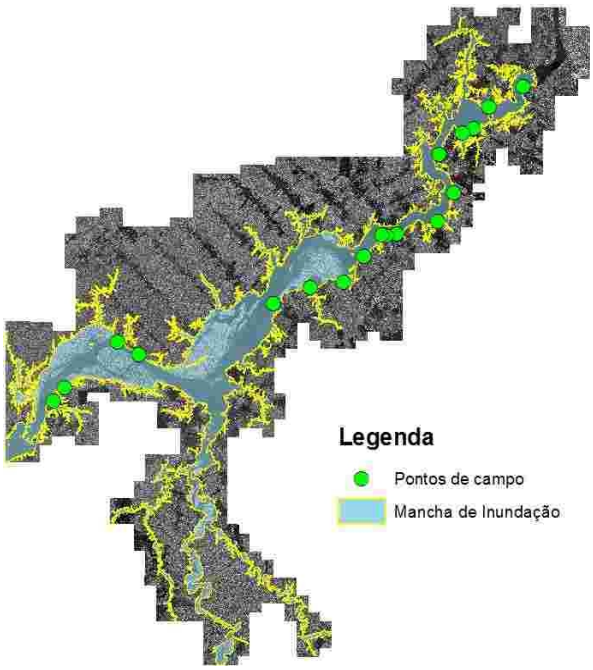


Fig. 7 – Mancha de inundação e pontos de controle coletados em campo sobre a imagem de amplitude de banda P

4- CONCLUSÕES

A partir dos resultados de todos esses projetos realizados, constatou-se a eficiência da tecnologia de sensoriamento remoto SAR para aplicações de monitoramento de impactos ambientais, devido principalmente as suas vantagens: independência das condições climáticas e capacidade de penetração nas florestas. É uma tecnologia que vem sendo aplicada há mais de 4 anos e que mostra-se bastante vantajosa, também por sua velocidade e competitividade.

Além de tudo isso, é importante salientar a sua gama de aplicabilidade. Com um mesmo sensor e com as mesmas aquisições de dados multitemporais, foi possível realizar 2 projetos bem distintos e independentes entre si: a detecção de mudanças (desmatamento e macrófitas) e a detecção de áreas inundadas sob a vegetação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bragança, D.; Pegurier, E., 2013, Especialistas comentam o aumento do desmatamento na Amazônia, http://www.oeco.org.br/noticias/27784-especialistas-comentam-o-aumento-do-desmatamento-na-amazonia.

Gambetti, D.L.G., 2016, A cheia do Rio Madeira: causas e consequências na UHE Santo Antônio e região, http://www.abrh.org.br/icfm6/apresentacoes/16_09_11h00_delfino_luiz.pdf.

Mileski, A., 2008, DETER, PRODES e o desmatamento na Amazônia, http://panoramaespacial.blogspot.com.br/2008/08/deter-prodes-e-o-desmatamento-na.html.

O Eco, 2013, INPE comemora aniversário e celebra 25 anos do PRODES, http://www.oeco.org.br/noticias/27506-inpe-comemora-52-anos-de-existencia.