UTILIZAÇÃO DE IMAGENS SAR SENTINEL-1 PARA IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE EROSÃO NA ILHA DO CARDOSO / SP

Karolina Gameiro Cota Dias [1], Philipe Souza Simões[1], Maíra Ramalho Matias[1], Gilberto Eidi Teramoto Oliveira[1]

[1]Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto - PGSER, Divisão de Observação da Terra e Geoinformática - DIOTG, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE,
{karolina.gameiro@gmail.com, philipe.simoes@inpe.br, maira.matias@alumni.usp.br, gilbertoeidi@gmail.com}

RESUMO

A missão Sentinel-1 fornece dados obtidos por radar imageador na banda C com alta resolução espacial e temporal. A utilização de dados radar se mostra promissora para monitoramentos e análises temporais visto que apresenta a possibilidade de imageamento em condições de alta nebulosidade e noturnas. Considerando estes fatores, o presente trabalho analisou a contribuição de dados radar à monitoramentos ambientais, através de imagens SAR de dupla-polarização do Sentinel-1. Para tal, foram analisados três pontos em duas imagens de anos distintos da Ilha do Cardoso, no extremo sul do estado de São Paulo. Através do coeficiente de retroespalhamento e razão crosspolarizada, foram elaboradas composições RGB para análise visual, que possibilitaram a identificação de feições geomorfológicas associadas ao episódio de erosão costeira em 2018 que dividiu a ilha e ocasionou o surgimento de uma nova barra no Mar de Ararapira.

Palavras-chave — Sentinel-1, coeficiente de retroespalhamento, SAR, erosão costeira, monitoramento ambiental.

ABSTRACT

Sentinel-1 mission provides imaging radar data acquired in C band with high spatial and temporal resolution. The use of radar data is promising for monitoring and temporal analysis, as it presents the possibility of imaging in increased cloudiness and night conditions. Considering these factors, this work analyzed the contribution radar data provides to environmental monitoring, through Sentinel-1 dual-polarization SAR images. To this end, three locations were analyzed in two images from different years on Ilha do Cardoso, in the extreme south of São Paulo state. Through the backscatter coefficient and crosspolarized ratio, RGB compositions were prepared for visual analysis, which enabled the identification of geomorphological features associated with the coastal erosion episode in 2018, that divided the island and caused the appearance of a new bar in the Ararapira Sea.

Key words *— Sentinel-1, backscatter coefficient, SAR, coastal erosion, environmental monitoring.*

1. INTRODUÇÃO

A utilização de imagens obtidas através de radar de abertura sintética (SAR) está associada a uma frente ampla de possibilidades de aplicações. A análise temporal em estudos geomorfológicos é um dos diversos campos de exploração do sensoriamento remoto de microondas.

A missão Sentinel-1 consiste em uma constelação composta por dois satélites de órbita polar contendo um radar imageador operante na banda C, com período de revisita de 6 dias. Entre seus produtos, destaca-se o *Interferometric Wide Swath* (IW), que adquire dados com uma largura de faixa de aproximadamente 250 quilômetros e resolução espacial no modo *Single Look* entre 5 a 20 metros. O modo IW permite a seleção de sub-faixas e bursts de áreas específicas da imagem, otimizando tempo e recursos para o processamento [1].

O Sentinel-1 possui dados adquiridos desde 2014 e os produtos no modo IW podem possuir polarização única e dupla. Por se tratar de um sensor ativo, é possível coletar dados em condições de alta nebulosidade e até mesmo à noite, proporcionando uma importante continuidade na aquisição de dados, fator fundamental para análises temporais e monitoramento ambiental.

Em estudos costeiros muitas são as dinâmicas consideradas para uma melhor compreensão das feições que compõem a linha de costa, e frequentemente essas estão diretamente associadas à fatores como: frequência e energia das ondas, oscilação da maré, disponibilidade de sedimentos, e modificações de origem antrópica no ambiente [2].

Devido à complexidade dos componentes dos sistemas costeiros, modificações nesses ambientes são passíveis de observação na escala de tempo humana, de forma que é possível monitorar a mudança de orientação de uma barra na foz de um rio, ou a erosão de uma praia, por exemplo.

Considerando a resolução espacial e temporal do Sentinel 1, foi analisada a contribuição que estes dados podem oferecer para o monitoramento de trecho de linha de costa na Ilha do Cardoso, sul do estado de São Paulo. Para tal, este trabalho identificou, através do coeficiente de retroespalhamento (σ^0) de imagens Sentinel-1 dos anos de 2017 e 2020, a modificação na dinâmica entre estuário e mar no Cordão de Ararapira, sul da Ilha do Cardoso, que sofreu com episódio de ressaca em 2018, ocasionando a divisão da ilha em duas e a abertura de uma nova barra, a nordeste da anterior.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A Ilha do Cardoso está localizada no município de Cananéia, extremo sul do estado de São Paulo, próximo a divisa com o Paraná (Figura 1). A ilha apresenta diferentes compartimentos de relevo, sendo possível identificar serranias com baixas, médias e altas vertentes, além de morros residuais na região norte, e planícies costeiras e litorâneas, com desenvolvimento de dunas no trecho sul [3].

O Cordão de Ararapira está situado no sul da Ilha do Cardoso, sendo composto por sedimentos arenosos e vegetação predominante de restinga [3]. Na área estudada o cordão se estende por aproximadamente 10 quilômetros, entre estuário e oceano, possuindo largura máxima de cerca de 800 metros, porém com embaiamentos que resultam em uma distância emersa entre os corpos d'água menor que 200 metros [2].

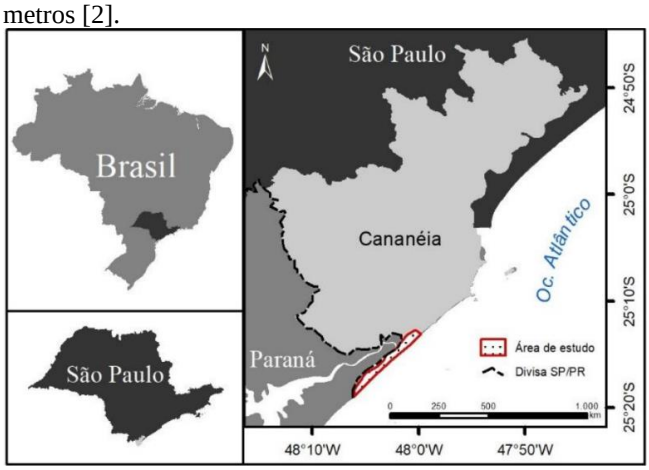


Figura 1 - Mapa de localização da Ilha do Cardoso e área de estudo, extremo sul de SP.

Para identificar a região de maior estreitamento do Cordão do Ararapira, próximo à Enseada da Baleia, que sofreu com o processo de erosão em 2018, foram utilizadas duas imagens Sentinel-1, de 2017 e 2020. A observação das alterações na barra do Mar de Ararapira e nos manguezais próximos ao local, foram observadas a partir das imagens obtidas seguindo os passos descritos na Figura 2.

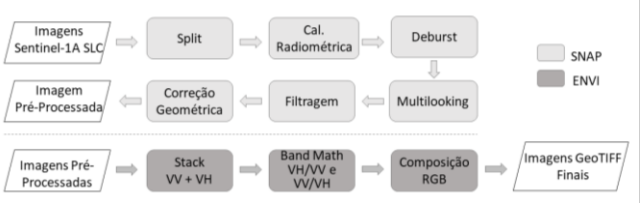


Figura 2 - Fluxo de processamento das imagens Sentinel-1 nos *softwares* SNAP e ENVI.

A fim de obter valores de σ^0, foram utilizadas duas imagens complexas do Sentinel 1-A, no modo *Single Look Complex* (SLC), obtidas em 22 de outubro de 2017 e 27 de maio de 2020, com polarização dupla (VH e VV). Em primeiro momento, utilizando o *software* SNAP, foi aplicada a função *Split* para selecionar a área da imagem que recobria o local de interesse. Na imagem de 2017 foi selecionada a subfaixa IW1, *bursts* 1 a 3, e na imagem de 2020 foi selecionada a subfaixa IW2, *bursts* 1 a 5. Posteriormente realizou-se a calibração radiométrica para obtenção do σ^0, e foi utilizada a função *Deburst* para eliminar as separações das imagens e torná-las contínuas.

Após, para redução do ruído *Speckle*, foi utilizada a função *Multilooking* e a aplicação de diferentes filtros disponíveis no SNAP. Por fim, procedeu a correção geométrica das imagens e a exportação destas em cada polarização (VH e VV) em formato GeoTIFF, para posterior manipulação.

Utilizando o *software* ENVI foi utilizada a função *Layer Stacking* e *Band Math* para obtenção da razão das bandas VH e VV. A razão foi utilizada para a composição RGB das imagens, possibilitando diferentes formas de visualização dos dados.

A comparação entre os resultados das diferentes composições foi realizada por análise visual de três pontos distintos da área de estudo, quais sejam: ponto 1 – barra do Mar de Ararapira, ponto 2 – máximo estreito do Cordão de Ararapira (2017) / nova barra do Mar de Ararapira (2020), e ponto 3 – ilhas de mangue a norte do ponto 2.

3. RESULTADOS

Visto que possui a feição que apresenta as menores dimensões (largura inferior a 50 metros em 2017), o ponto 2 foi elencado para análise dos diferentes filtros Speckle na primeira fase do processamento das imagens. Foi observado que a imagem Sentinel-1 de 2017 (S1A-2017), de polarização VV apresentou uma melhor visualização do maior estreitamento do Cordão de Ararapira quando comparada à polarização VH – após o processamento *Multilooking*.

Com a aplicação dos filtros para suavização do efeito *Speckle*, foi observada a melhor identificação do Ponto 2 com a utilização do filtro *Lee* com janela 3x3 e *Refined Lee* quando comparados aos filtros *Lee* e *Lee Sigma* com janela 5x5 (Figura 3).

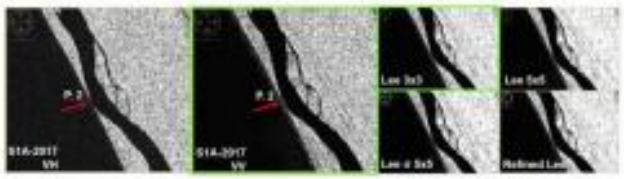


Figura 3 - Comparação entre polarizações VH e VV nas imagens S1A-2017 após *Multilooking* e filtragem *Speckle*.

Por fim, foi aplicada correção geométrica nas imagens utilizando modelo digital de elevação (MDE) proveniente da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), nas resoluções de 1 arco de segundo (1") e 3 arcos de segundo (3").

Considerando que a última resolução não permitiu a identificação do Ponto 2, conforme exemplificado na figura 4, foi utilizado o MDE de 1" para esta etapa do processamento.

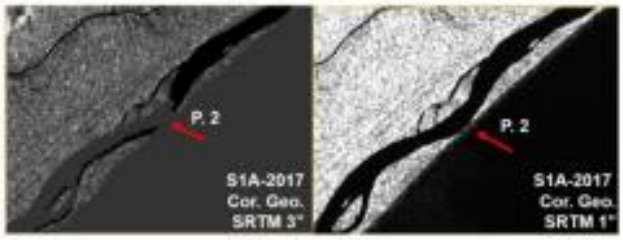


Figura 4 - Comparação entre correção geométrica utilizando SRTM 1" e 3".

No *software* ENVI, após o *Layer Stacking* e a obtenção das razões das bandas (VH/VV e VV/VH), foram realizadas composições a fim de identificar as mais adequadas para a análise dos pontos 1, 2 e 3, gerando quatro imagens finais: duas para a imagem Sentinel-1 de 2020 (S1A-2020) e duas para S1A-2017. As composições RGB para cada ano seguiram o padrão: VH e VV, nos canais referentes ao vermelho (R) e ao verde (G), e a razão crosspolarizada (VH/VV ou VV/VH), no canal azul (B).

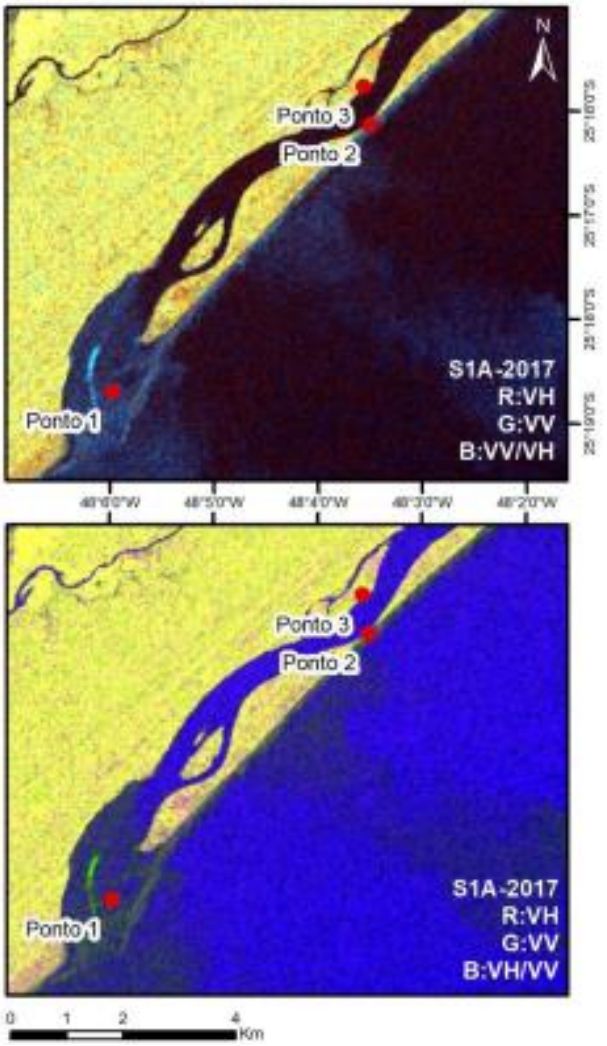


Figura 5 - Composições RGB da imagem S1A-2017 utilizando razão crosspolarizada (VH/VV e VV/VH).

Na figura 5 é possível observar as duas composições RGB para as imagens S1A-2017. Em ambas são observados o ponto 1, referente à barra do Mar de Ararapira; o ponto 2, correspondente ao local com a menor largura emersa do Cordão de Ararapira; e o ponto 3, sinalizando as ilhas de mangue a norte do ponto 2.

Em 27 de agosto de 2018, um episódio de ressaca ocasionou a erosão e consequente rompimento do Cordão de Ararapira no ponto 2, proporcionando uma nova conexão entre o estuário e o oceano e, a partir de então, modificando a dinâmica hídrica da área.

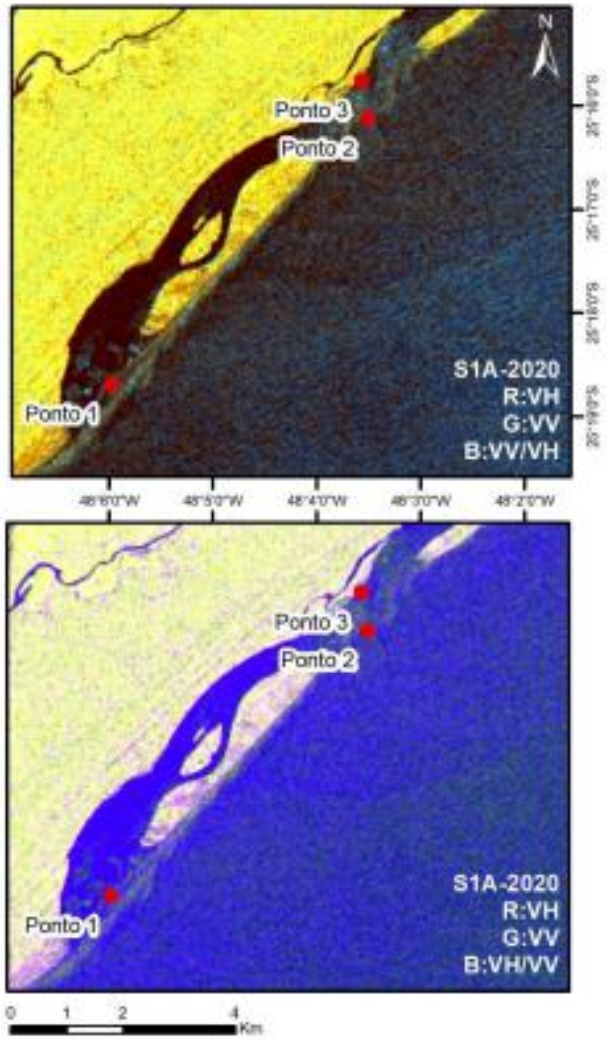


Figura 6 - Composições RGB da imagem S1A-2020 utilizando razão crosspolarizada (VH/VV e VV/VH).

Na figura 6 pode-se observar as composições RGB geradas a partir das imagens S1A-2020. Nestas composições é possível observar o ponto 1, referente à primeira barra do Mar de Ararapira; o ponto 2, transformado em uma nova

barra do estuário, após o evento de 2018; e o ponto 3, correspondente às ilhas de mangue a norte da nova barra.

4. DISCUSSÃO

A partir das composições RGB elaboradas foi possível identificar diferentes modificações nos três pontos de referência da área do estudo.

No Ponto 1 é possível identificar em ambas as imagens S1A-2020 o surgimento de uma feição linear perpendicular ao fluxo d'água. Tal feição, realçada na imagem cuja razão crosspolarizada VV/VH está no canal do azul, pode estar associada ao assoreamento da antiga barra do Mar de Ararapina em decorrência da diminuição do fluxo nesta área por ocasião da abertura de nova barra no Ponto 2 [2].

A considerável transformação do Ponto 2 pode ser analisada observando as imagens S1A-2017 e S1A-2020 lado a lado. A utilização da razão VH/VV no canal do azul para a imagem S1A-2017 proporciona uma boa referência para a delimitação de áreas emersas, visto o realce proporcionado para corpos hídricos nesta composição. Tal fator contribui para a identificação e delimitação de cordões arenosos estreitos, e pode ser um bom produto para o monitoramento de áreas que sofrem com processos erosivos.

Ainda, no caso da missão Sentinel-1, que possui alta taxa de revisita, este fator possibilita também o acompanhamento da taxa de crescimento da nova barra do Mar de Ararapira, que no período de 2 anos atingiu cerca de 2 quilômetros de largura.

Nas ilhas de mangue do Ponto 3, é possível identificar, comparando as imagens de 2017 e 2020, a diminuição da área destas. Tal diminuição pode ser explicada pelo fluxo de ondas que agora atinge diretamente a ilha, ocasionando a remoção e consequente diminuição da disponibilidade de sedimentos no substrato local, conforme ilustrado pelo realce de sedimentos em suspensão na imagem composta pela razão crosspolarizada VV/VH (Figura 6); ou por outras formas de degradação da vegetação, considerando a mudança dos componentes físico-químicos atuantes no novo sistema costeiro, e não mais predominantemente estuarino.

5. CONCLUSÕES

A utilização do coeficiente de retroespalhamento de imagens com polarização dupla do Sentinel-1 proporcionou a identificação de feições geomorfológicas e as dinâmicas envolvidas na nova configuração da linha de costa em trecho do litoral da Ilha do Cardoso, no extremo sul do estado de São Paulo.

O processamento das imagens utilizando filtro suavizador do efeito *Speckle* (*Lee* 3x3) e a utilização do MDE SRTM 1" para a correção geométrica das imagens se mostraram eficientes para a conservação de feições delgadas, como o Cordão de Ararapira, ainda que a filtragem também seja efetiva na redução de ruído.

Futuros estudos devem ser desenvolvidos a fim de comprovar a eficiência na utilização de imagens Sentinel-1 para análises temporais e monitoramento de processos erosivos em ambientes costeiros, ainda que neste trabalho a ferramenta tenha apresentado desempenho adequado à análise visual.

8. REFERÊNCIAS

[1] European Space Agency. "Sentinel-1 SAR User Guide". 2020. Disponível em: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides>. Acesso em 18 de agosto de 2020.

[2] R. J. Angulo, M. C. Souza, and M. E. Muller. Previsão e consequências da abertura de uma nova barra no Mar do Ararapira, Paraná-São Paulo, Brasil, *Quaternary and Environmental Geosciences*, v. 01(2): pp. 67-75, 2009.

[3] Cheliz, P. M. "*Ilha Do Cardoso – Contribuições para Compartimentação do Relevo*", pp. 305. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Campinas, 2015.