

USO DE IMAGENS DE RADAR PARA A CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS INUNDADAS NO RIO GRANDE DO SUL

Pablo Sergio Marques Simões ¹
Evelyn de Castro Porto Costa ²

INTRODUÇÃO

Os eventos extremos têm se tornado cada vez mais comuns, e o estado do Rio Grande do Sul se mostra um grande exemplo dessa frequência e intensidade. Esse aumento está ligado diretamente às mudanças climáticas de maneira global, que alteram de forma direta os padrões de precipitação. Ademais, o aumento da temperatura resulta em uma maior evaporação e aumento da quantidade de vapor de água na atmosfera, o que leva a um aumento no risco de inundações. (IPCC, 2018).

É necessário também destacar a influência dos eventos de “El Niño” sobre o estado. O fenômeno está relacionado ao aquecimento superficial das águas do Pacífico, que por sua vez gera a intensificação do Anticiclone do Atlântico. Em relação diretamente a geomorfologia do Rio Grande do Sul, os pontos mais determinantes são a altitude do estado, o Planalto do Paraná e o Escudo Uruguaio-Sul-Rio-Grandense. A topografia faz com que a orografia seja determinante ao analisar as precipitações e os eventos climáticos extremos.

Ademais, o uso e cobertura desempenham um papel crucial no panorama das inundações. A urbanização, o desmatamento e a alteração dos cursos de rios alteraram a capacidade do solo em absorver e escoar a água das chuvas. Áreas que funcionavam como uma “esponja” natural, armazenando água, foram transformadas em superfícies impermeáveis, não mais amenizando os efeitos das chuvas intensas do Rio Grande do Sul (Silva Dias et al., 2009). Nesse sentido, as geotecnologias se apresentam como importante recurso para a compreensão das dinâmicas da paisagem, fomentando estudos que auxiliam nas tomadas de decisão. As imagens de sensoriamento remoto tem se apresentado como importante recurso para a gestão e planejamento territorial. Dentre as imagens disponíveis gratuitamente encontram-se as imagens de Radar, que têm sido amplamente utilizadas para mapeamento em áreas tropicais.

Radar é um acrônimo para *Radio Detection and Ranging* (Detecção e Medida de Distâncias por Ondas Radio). Os sistemas de radar operam numa faixa restrita do

¹ Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal Federal - UFF, pablosergio.simoes@gmail.com;

² Doutoranda em Geografia na Universidade Federal Fluminense - UFF, evelyncastroporto@gmail.com;

espectro eletromagnético, denominada micro-ondas. Neste intervalo, as ondas eletromagnéticas sofrem pequenas atenuações pelos constituintes da atmosfera, por isso apresentam boa penetração nas nuvens (MOREIRA, 2011). As ondas no intervalo das micro-ondas se apresentam com menor frequência e maior comprimento, o que permite que ocorra maior possibilidade de penetração na atmosfera.

No caso das imagens de radar de abertura sintética (SAR), à medida que a direção da linha de visão muda ao longo da trajetória da plataforma do radar, uma abertura sintética é produzida pelo processamento do sinal que tem o efeito de alongar a antena (ESA, 2023). O satélite Sentinel 1 A e Sentinel 1 B, lançados em 2014 e 2016, respectivamente, coleta imagens de radar de abertura sintética (SAR) de banda C em uma diversidade de polarizações e resoluções. As imagens desses satélites fazem parte de uma missão da Agência Espacial da União Europeia (ESA), no âmbito do programa Copernicus.

Diferentemente dos sistemas ópticos, os sensores micro-ondas operam em bandas específicas que foram associadas a letras (PONZONI et al, 2012). O SAR é composto pela banda C, uma faixa de frequência nominal, de 8 a 4 GHz (comprimento de onda de 3,75 a 7,5 cm) dentro da porção de micro-ondas do espectro eletromagnético (ESA, 2023). O modo de aquisição de Faixa Interferométrica Ampla (IW) é o principal modo de aquisição em terra e satisfaz a maioria dos requisitos de serviço. Adquire dados com uma faixa de 250 km com resolução espacial de 5 m por 20 m, com polarização VV+VH sobre terra, e WV, com polarização VV, sobre oceano aberto.

Nesse sentido, essa pesquisa tem o objetivo de fazer uso de imagens de radar na classificação de áreas inundadas nas últimas grandes chuvas do Rio Grande do Sul, no mês de abril de 2024. Com o objetivo de avaliar a amplitude das inundações, tem-se como metodologia utilizar imagens pré e pós evento, com o objetivo de comparar os regimes de inundação e a amplitude das áreas cobertas por água.

METODOLOGIA

Para a realização do estudo, foram escolhidas as principais bacias afetadas pela última grande inundação do ano de 2024, referentes às principais bacias contribuintes à Lagoa dos Patos, destacando as bacias do Jacuí, Guaíba, Gravataí, Litoral Médio, Laguna dos Patos, Camaquã, Sinos, Caí, Pardo e Taquari-Antas. A escolha dessas áreas

também se refere às imagens de radar disponíveis para as datas elencadas para essa pesquisa, bem como, a drenagem do rio Jacuí, fortemente comprometido com as inundações ocorridas entre abril e maio de 2024 (Figura 1).



Figura 1. Localização da área de estudos. Fonte: Os autores

Tendo em vista o grande volume de imagens em uma extensa área de estudos, a classificação da imagem foi realizada no software *Google Earth Engine* (GEE), que permite o acesso de um grande acervo de imagens disponibilizadas gratuitamente na nuvem. Foram gerados dois *scripts* para a classificação de áreas inundadas, o primeiro referente às datas pós evento (08 de maio de 2024) e o segundo referentes a datas pré evento (entre os dias 09 e 28 de outubro de 2021), em um ano considerado mais seco, evitando possíveis interferência nos dados de pré evento.

Os dados do Sentinel-1 são disponibilizados gratuitamente no GEE e são coletados com diversas configurações de instrumentos, resoluções e combinações de bandas diferentes durante as órbitas ascendentes e descendentes. Devido a esta heterogeneidade, durante a inserção dessas imagens em script é necessário filtrar os dados até um subconjunto homogêneo antes de iniciar o processamento.

No script do GEE, foram atribuídos à coleção de imagens Sentinel 1 GRD (Ground Range Detected /Detecção de Alcance Terrestre) as seguintes características da imagem: o modo de Faixa Interferométrica Ampla/ Interferometric Wide Swath (IW); a órbita de passagem “Descendente” e “Ascendente”; a resolução espacial de “10

metros”; e a seleção de polarizações “VH e VV”. Além de filtragem por localização, data de início e fim, bem como, uma filtragem espacial para redução do ruído *speckle*. Para recobrir toda a bacia da Lagoa dos Patos, foram necessárias 8 cenas do sensor SAR, por recorte temporal, no qual foram gerados mosaicos pela mínima dos pixels.

Uma das causas de distorções radiométricas em imagens de radar é o ruído *Speckle*. Segundo Moreira (2011), o *speckle* é um ruído multiplicativo proporcional à intensidade do sinal recebido. O efeito visual deste ruído proporciona uma textura granulosa que pode dificultar a interpretação das imagens de radar e reduzir a separabilidade dos objetos na cena, bem como, afetar diretamente na extração de feições e classificações baseados na imagem.

Para fins de reduzir a interferência do ruído *speckle* nas imagens SAR, é recomendado o uso de um filtro espacial que permita eliminar, por meio de estatística, as inconsistências na imagem. Dentre os mais utilizados para esta finalidade encontra-se o Filtro Lee (VELHO, 2011). Segundo Lee (1980), a ideia central desse filtro é considerar que a média e o desvio padrão de um pixel estará em um intervalo dado pela média e pelo desvio padrão de todos os pixels. No script do GEE, após testes realizados e literatura consultada, foi adotado a série temporal Sentinel 1 o Filtro Lee em uma janela de interação 3 x 3. O que significa que os pixels foram filtrados em uma unidade de 3 pixels por intervalo, reduzindo assim o efeito granuloso das imagens.

Ainda no processamento das imagens, foi necessário aplicar o “Majority Filter”. Esse filtro é utilizado para a reamostragem de dados *raster* no qual é feito um cálculo em cada uma das células e os pixels vizinhos. A reamostragem da maioria atua como um tipo de filtro de passagem baixa para dados discretos, generalizando os dados e filtrando valores anômalos. O Majority é aplicado com uma janela móvel, que percorre a imagem de entrada, e o seu tamanho é definido pelo usuário. Assim, pequenos ruídos de imagem, ou entre cenas, não são considerados após a classificação. Tendo em vista a resolução espacial de 10 metros da imagem, o parâmetro adotado para o filtro espacial foi uma janela de 2x2.

Por fim, foram realizadas análises espaciais no software ArcGis. com o objetivo de obter dados estatísticos a respeito dos dados produzidos, bem como, melhor compreender sua dimensão espacial. Para validação dos mapeamentos foi adotado a metodologia AREA 2, abreviação de Area Estimation & Accuracy Assessment, que é um aplicativo do Google Earth Engine que fornece suporte abrangente para amostragem

e estimativa em uma estrutura de inferência baseada em design (OLOFSSON et al, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As classificações das imagens (Figura 2) apontam a distribuição espacial das áreas inundadas no período pré (outubro de 2021) e pós evento (abril de 2024). É possível observar que na classificação pré evento encontram-se áreas em espelhos d'água e seus entornos, bem como a Laguna dos Patos e a rede de drenagem, além de alguns outros pontos mais afastados que podem ser representados por áreas rurais, represas e açudes.

Em relação à classificação pós evento, caracterizada pelo início do mês de maio, período em que ainda encontravam-se áreas inundadas pelas fortes chuvas que atingiram a região, é possível notar um grande extravasamento de áreas classificadas como água no entorno das áreas anteriormente classificadas. Chama-se atenção para a grande área inundada no trecho da bacia Lago Guaíba e Gravataí que se encontram na área de drenagem para a Laguna dos Patos, que se tratam das áreas mais atingidas pelas cheias. Ressalta-se que toda a rede de drenagem do rio Jacuí, que vai desde o Baixo Jacuí até o entorno da Laguna dos Patos sofreu algum tipo de alagamento no período pós evento.



Figura 2. Classificação das áreas inundadas pré e pós evento. Fonte: os autores (2024)

Os resultados quantitativos apontam que no período pré evento foram mapeados uma área inundada correspondente a cerca de 13.235 km², enquanto no período pós-evento alcançou-se a marca de 16.502 km². Estes resultados apontam uma variação de inundação maior que 3 mil km², compreendendo, em grande parte, áreas urbanizadas que foram atingidas pelo aumento do nível da água (Figura 2). Segundo o governo do estado, cidades como Cachoeira do Sul, Santa Vitória do Palmar, Mostardas e Venâncio Aires somadas chegaram a cerca de 200 mil hectares afetados.



Figura 3. Quantitativo da superfície de inundação em imagens pré e pós evento.

Fonte: os autores (2024)

O desenho amostral da validação de cada uma das classes no pré evento, foram obtidas da seguinte forma: 119 pontos para validar a classe “Água” e 119 pontos para a classe “Outros”. Para gerar os pontos de amostras foi utilizado o Area², com pontos de forma aleatória com base no tamanho das classes em relação ao tamanho da área de estudos. Assim, foi gerada a matriz de confusão (tabela 1).

Pré Evento		Classificação			Exatidão total
		Água	Outros	total	
Verdade Terrestre	Água	113	6	119	96% (0,96)
	Outros	3	116	119	
Total		116	122	238	
Erro de comissão		97,41	95,08		
Erro de omissão		94,96	97,48		

Tabela 1. Matriz de confusão para o Pré Evento

O resultado da validação do Pré evento aponta uma acurácia global de 0.96 e um Kappa de 0.92, que são valores considerados “excelentes”, conforme apontado por Landis e Koch (1977). Já no caso do Pós evento não foi possível realizar uma validação, pois não foram identificadas imagens de melhor resolução espacial para toda área de estudo para ser utilizada como verdade terrestre, tendo em vista que as imagens ópticas disponíveis estavam cobertas por nuvens nos dias das ocorrências do evento. Porém de acordo com os resultados de validação do pré evento, podemos concluir que a classificação utilizando a mesma metodologia no pós evento também se apresenta de forma satisfatória

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de scripts e imagens de radar podem contribuir nos estudos que visam a compreensão de dinâmicas associadas às mudanças climáticas. Os resultados obtidos com as classificações, bem como, os dados da validação, apontam um bom desempenho para da metodologia adotada, alcançando o objetivo inicial da pesquisa de mapear as áreas inundadas.

Do ponto de vista metodológico, as imagens de radar disponibilizadas gratuitamente pela Agência Espacial Europeia possuem um amplo alcance espaço-temporal, além de permitir uma classificação sem interferências atmosféricas em períodos úmidos, aspecto que torna o mapeamento de tais áreas mais difíceis, tendo em vista a incidência de nuvens em épocas chuvosas.

Apesar do grande potencial, o uso de imagens de radar ainda é limitado em pesquisas no âmbito da geografia, principalmente pelo seu tratamento diferenciado em relação às imagens óticas, muito populares em estudos ambientais. Ressalta-se que o conhecimento das etapas de pré processamento são imprescindíveis para obtenção de bons resultados a partir do uso de imagens de radar.

Dentre os desdobramentos futuros desta pesquisa, pretende-se realizar um mapeamento multitemporal, incluindo uma coleção de imagens de radar mais ampla, no qual seja possível compreender toda a sazonalidade dos regimes de inundação, e assim, ser possível elaborar dados que contribuam com a elaboração de mapeamentos de suscetibilidade a inundação do Estado do Rio Grande do Sul. Além de buscar um

Modelo Digital de Elevação (MDE) do terreno, tendo em vista a irregularidade do relevo principalmente na região norte do estado.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, Radar, *Sentinel 1*, *Random Forest*, *Google Earth Engine*.

REFERÊNCIAS

EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA). Sentinel online. **User Guides**. Disponível em: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides> Acessado em 25 de janeiro de 2024.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Global Warming of 1.5 °C. **An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. 2018**. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/sr15/>. Acesso em: 21 jun. 2024.

LANDIS, R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, p.159-174, Mar. 1977.

LEE, J. S. Digital image enhancement and noise filtering by use of local statistics. **IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence**, v. 2, n. 2, p. 165-168, 1980.

MOREIRA, Maurício Alves. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologia de aplicação**. 4ª edição, Viçosa, MG, Editora UFV, 2011.

OLOFSSON, Pontus et al. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. **Remote sensing of Environment**, v. 148, p. 42-57, 2014.

SILVA DIAS, M. A. F.; BONATTI, J. P.; DE GONÇALVES, L. G. **Large-scale circulation patterns associated with extreme precipitation events in South America**. **Advances in Geosciences**, v. 22, p. 15-20, 2009.

VELHO, Luiz Felipe; ARIGONY NETO, Jorge; SIMÕES, Jefferson Cardia. Utilização do filtro Lee na redução do Speckle em imagens sar usadas na determinação da velocidade de geleiras. **Revista brasileira de cartografia, Rio de Janeiro. Vol. 63, n. 2 (2011), p. 253-265, 2011**.