

# VARIAÇÃO ESPACIAL DE UMA LAGUNA COSTEIRA ASSOCIADA À DINÂMICA DE SUA BARRA ARENOSA A PARTIR DE IMAGENS TEMPORAIS DO SATÉLITE CBERS-4A

SPATIAL VARIATION OF A COASTAL LAGOON ASSOCIATED WITH THE DYNAMICS OF ITS SANDY BAR BASED ON TEMPORAL IMAGES FROM THE CBERS-4A SATELLITE

VARIACIÓN ESPACIAL DE UNA LAGUNA COSTERA ASOCIADA A LA DINAMICA DE SU BARRA ARENOSA BASADA EN IMÁGENES TEMPORALES DEL SATÉLITE CBERS-4A

**Maria Clara da Silva Félix<sup>1</sup>**

 0009-0002-7704-3706

mclaradasilvafelixdossantos@gmail.com

**Poliana Danezio<sup>2</sup>**

 0009-0000-8919-8882

polianadanezio@gmail.com

**André Luiz Nascentes Coelho<sup>3</sup>**

 0000-0001-9068-495X

alnc.ufes@gmail.com

**Luige Gustavo Gerliel<sup>4</sup>**

 0009-0006-7081-6656

luigegustavo@gmail.com

1 Graduada em Oceanografia, Universidade Federal do Espírito Santo - UFES. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7704-3706>. E-mail: mclaradasilvafelixdossantos@gmail.com.

2 Graduada em Oceanografia, Universidade Federal do Espírito Santo - UFES. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8919-8882>. E-mail: polianadanezio@gmail.com.

3 Docente da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Departamento e Programa de Pós-Graduação em Geografia - Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias – LCGGEO. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9068-495X>. E-mail: alnc.ufes@gmail.com.

4 Graduando em Oceanografia, Universidade Federal do Espírito Santo - UFES. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7081-6656>. E-mail: luigegustavo@gmail.com.

Artigo recebido em outubro de 2025 e aceito para publicação em dezembro de 2025.

**RESUMO:** Este estudo investigou a variação espacial da laguna costeira Lagoa de Caraís, localizada no Parque Estadual Paulo César Vinha, em Guarapari - ES. Para isso, compararam-se as áreas ocupadas pela laguna nas datas de 03/04, 05/07 e 05/08 de 2025, monitorando-se o rompimento de sua barra arenosa por meio de imagens compostas do satélite CBERS-4A, com resolução espacial de 2 metros. As imagens de Sensoriamento Remoto (SR) foram correlacionadas com dados pluviométricos fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), observações de campo e informações obtidas junto a funcionários e redes sociais oficiais do parque. Os resultados evidenciaram expressiva variação espacial da laguna, com área mínima de 5,4 ha (após rompimento da barra arenosa), área máxima de 34,52 ha (antes do rompimento), além de indicarem a dinâmica de formação da barra arenosa, fortemente influenciada pelas condições meteoceanográficas características da Plataforma Continental do Espírito Santo. Por fim, discutem-se sugestões para o aprimoramento da coleta de dados, do monitoramento e da conservação do parque analisado.

**Palavras-chave:** Sensoriamento Remoto. Lagoa Costeira. Parque Estadual Paulo César Vinha. Unidades de Conservação. Monitoramento.

**ABSTRACT:** This study investigates the spatial variation of the coastal lagoon Lagoa de Caraís, located in the Paulo César Vinha State Park in Guarapari, Espírito Santo, Brazil. To this end, the lagoon areas observed on April 3rd, July 5th and August 5th, 2025, were compared to monitor the rupture of its sandy barrier using composite images from the CBERS-4A satellite, which has a spatial resolution of 2 meters. The remote sensing data were correlated with rainfall records provided by the National Institute of Meteorology (INMET), field observations, and information obtained from park staff and official social media channels. The results revealed significant spatial variation of the lagoon, with a minimum area of 5.4 ha (after the barrier rupture) and a maximum area of 34.52 ha (before the rupture). The findings also indicate dynamic patterns in the formation of the sandy barrier, possibly influenced by the meteoceanographic conditions characteristic of the Espírito Santo Continental Shelf. Finally, the study discusses recommendations for improving data collection, monitoring, and conservation practices within the park.

**Keywords:** Remote Sensing. Coastal Lagoon. Paulo César Vinha State Park. Conservation Units. Monitoring.

**RESUMEN:** Este estudio investigó la variación espacial de la laguna costera Lagoa de Caraís, ubicada en el Parque Estadual Paulo César Vinha, en Guarapari – ES - Brasil. Para eso, se compararon las áreas ocupadas por la laguna en las fechas 03/04, 05/07 y 05/08 de 2025, monitoreando la ruptura de su barra arenosa a través de imágenes compuestas del satélite CBERS 4A, con una resolución espacial de 2 metros. Las imágenes de teledetección se correlacionaron con los datos de lluvia proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología (INMET), observaciones de campo, información obtenida de los empleados y redes sociales oficiales del parque. Los resultados mostraron una variación espacial significativa de la laguna, con un área mínima de 5,4 ha (después de la ruptura de la barra arenosa), un área máxima de 34,52 ha (antes de la ruptura), además de indicar la dinámica de la formación de la barra arenosa, posiblemente influenciada por las condiciones meteoceanográficas características de la Plataforma Continental de Espírito Santo. Finalmente, se discuten sugerencias para mejorar la recopilación de datos, el monitoreo y la conservación del parque analizado.

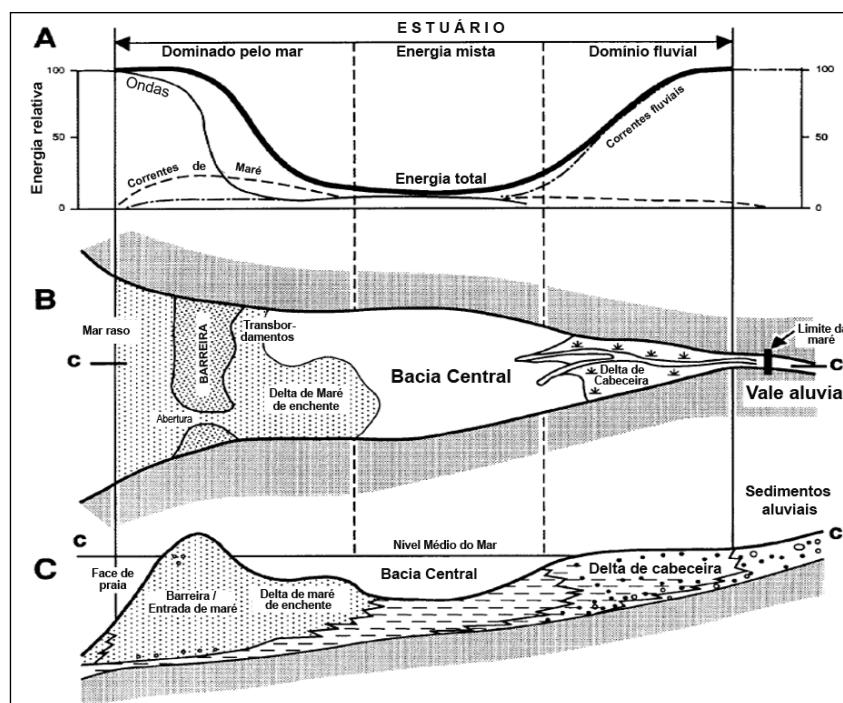
**Palabras Clave:** Teledetección. Laguna Costera. Parque Estatal Paulo César Vinha. Unidades de Conservación. Monitorización.

## INTRODUÇÃO

Há uma grande diversidade de ambientes costeiros caracterizados pela presença de lagunas em diferentes regiões do mundo. Esses ambientes ocorrem em áreas como o México, o Brasil, a região leste do continente africano, o sul e leste da Península Indiana, o sudeste e o sudoeste da Austrália, além de ocorrerem também no Mar Mediterrâneo (Dalrymple; Zaitlin; Boyd, 1992). De modo geral, essa configuração é típica de regiões com baixa variação de maré (Barnes, 1980), nas quais o regime hidrodinâmico é predominantemente controlado pela ação das ondas.

Dalrymple, Zaitlin e Boyd (1992) descrevem três zonações (Figura 1) bem definidas neste tipo de ambiente: (1) um corpo sedimentar marinho arenoso composto por uma barreira (barrier), depósitos de transbordamento/lavagem (*washover*), abertura (*inlet*) de maré e depósitos deltaicos associados à maré enchente (*flood tidal delta*); (2) bacia ou depressão central (*central basin*), situada abaixo do nível do mar, e caracterizada pelo predomínio de sedimentos finos; e (3) o delta de cabeceira (*bay-head delta*), localizado na porção mais interna onde ocorre intrusão salina, apresentando predominância de sedimentos continentais.

No Brasil, esses sistemas lagunares ocorrem em regiões costeiras associadas à presença de biomas de restinga, manguezal e marismas. As lagunas costeiras, em particular, configuram-se como ecossistemas de elevada relevância biológica e socioambiental, atuando como zonas de transição entre os ambientes marinho e continental. A dinâmica da barra arenosa, responsável por regular a conectividade entre a laguna e o oceano, exerce influência direta sobre a circulação hídrica, a salinidade e os processos ecológicos internos. Desse modo, esses sistemas operam como importantes berçários e áreas de alimentação para diversas espécies aquáticas e aves migratórias, além de sustentarem atividades socioeconômicas relevantes, como a pesca artesanal e o turismo, a exemplo da área estudada.



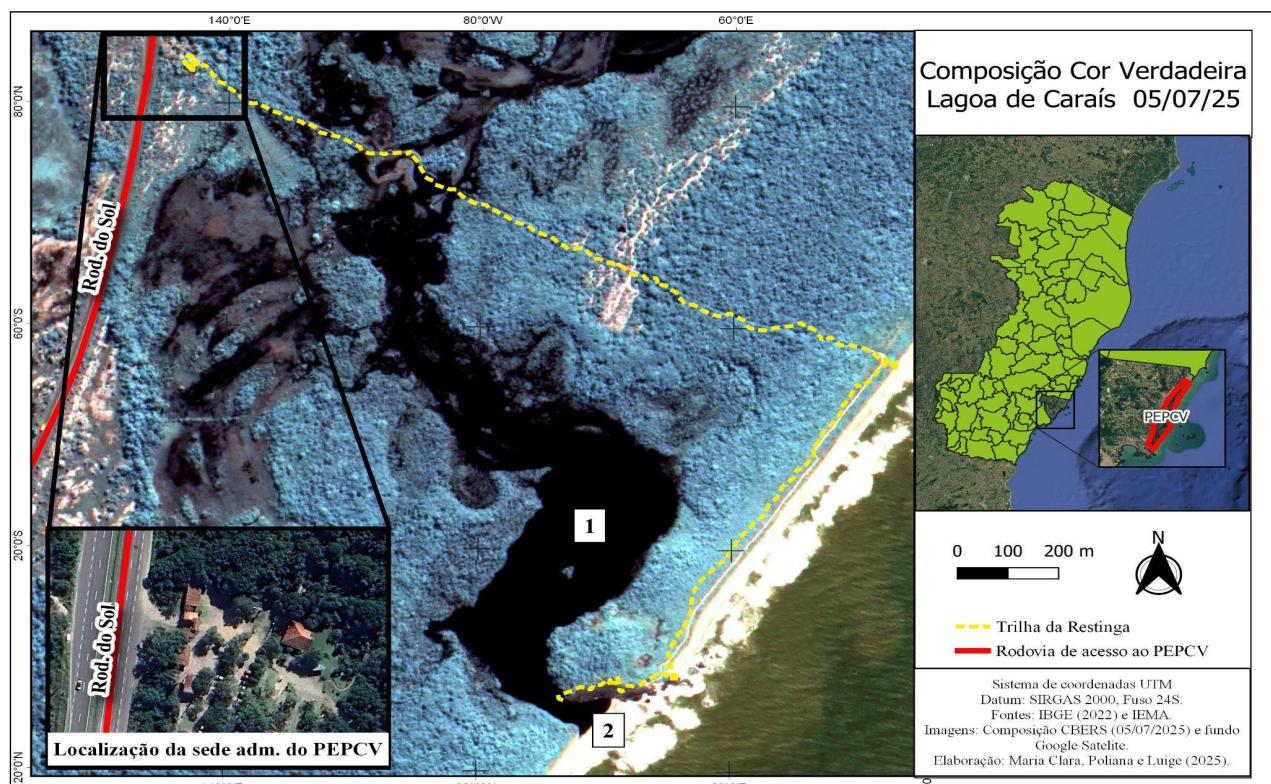
Fonte: Adaptado de Dalrymple, Zaitlin e Boyd (1992).

**Figura 1.** Modelo conceitual de um ambiente estuarino dominado por ondas. Em (A) evidenciando a distribuição dos tipos de energia hidrodinâmica. Em (B) os componentes morfológicos vistos de cima e, em (C) as fácies sedimentares vistas longitudinalmente.

Alguns desses ambientes e seus arredores podem ser convertidos em Unidades de Conservação (UCs) por meio de leis e decretos, nas categorias de UCs de Proteção Integral ou de Uso Sustentável (ICMBio, 2025). Neste contexto, Assis (2002) ressalta que o uso de produtos gerados pelo Sensoriamento Remoto (SR) é imprescindível para o monitoramento da conservação dessas UCs. Da mesma forma, Coelho (2020) destaca que o emprego de softwares SIG e dados acessíveis é de extrema relevância para análises espaciais, estatísticas e temporais no planejamento e monitoramento de ambientes, incluindo os costeiros.

No estado do Espírito Santo, o Parque Estadual Paulo César Vinha (PEPCV) foi criado com o intuito de conservar uma faixa contínua de restinga e sua laguna, pelo Decreto Estadual nº 2.993/1990 e da Lei nº 4.903/1994. Ele abrange 1.500 ha e integra a Área de Proteção Ambiental (APA) de Setiba, abrigando espécies da fauna e flora ameaçadas de extinção, além de espécies endêmicas de pererecas bromeliáceas e libélulas (IEMA, 2025).

A Lagoa de Caraís (Figura 2), objeto deste estudo, é classificada como uma laguna costeira<sup>5</sup>, ocupa cerca de 1,43% do PEPCV (Santos; Mendes, 2011), apresentando aproximadamente 19,3 ha de área e 3,5 m de profundidade (Barroso, 2007). Possui coloração marrom-avermelhada devido à elevada concentração de ácidos orgânicos (húmicos e fúlvicos), liberados pela decomposição da matéria orgânica oriunda da vegetação terrestre, e está sujeita à variação local do escoamento de base/subterrâneo (Barroso, 2007). A laguna possui conexão com o oceano adjacente por meio de um *inlet* parcialmente fechado por uma barreira arenosa, que pode ser rompida quando o volume de água na bacia central atinge sua capacidade máxima.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

**Figura 2.** Localização da Lagoa no PEPCV, em Guarapari - ES. Em (1) denota-se a Lagoa de Caraís e em (2) denota-se a barra arenosa do corpo lagunar.

## **OBJETIVO**

Este artigo tem como objetivo comparar a área ocupada pela Lagoa de Caraís no Parque Estadual Paulo César Vinha (PEPCV) e monitorar o rompimento de sua barra arenosa por meio de imagens temporais do satélite CBERS (03/04, 05/07 e 05/08 de 2025), correlacionando esses dados ao regime pluviométrico para compreender a dinâmica hidrológica e oceanográfica local.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A presente pesquisa abarcou um referencial teórico-conceitual sucinto sobre a região estudada, assim como os processos físicos que operam e influenciam a dinâmica do ecossistema local.

### **Aquisição de imagens orbitais pelo INPE**

O processo iniciou-se com o download das imagens do satélite CBERS-4A na plataforma do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), disponível em seu catálogo de imagens (<https://www.dgi.inpe.br/catalogo/explore>). Foram selecionadas as bandas multiespectrais (*Red, Blue, Green* e *Near Infrared - NIR*) e a banda pancromática, com resolução espacial de 2 metros, do sensor WPM (*Wide Panchromatic Multispectral Camera*) referente aos dias em que foi possível observar os dois extremos da laguna (cheia e vazante). Também foram considerados critérios como a ausência da cobertura de nuvens e data de aquisição compatível com a área de estudo (INPE, 2025).

### **Pré-processamento e composição colorida**

Após aquisição das bandas multiespectrais e pancromática, estas foram adicionadas no QGIS (versão 3.12 *Bucureşti*), organizadas em grupos por data e submetidas a um recorte para a área de interesse. Em seguida, foram realizadas a composição colorida (R3G2B1) e falsa cor vermelha (R4G3B2), com o intuito de destacar a região do corpo d'água (Jensen, 2015). Contudo, a resolução espacial das composições ainda não foi suficiente para permitir a visualização de detalhes da barra arenosa.

### **Aplicação da banda pancromática**

Para buscar o melhor detalhamento da área investigada, foi utilizada a ferramenta de *Pansharpening*, disponível no QGIS, que possibilita a fusão da banda pancromática (Banda 0), de alta resolução (2 metros), com as composições geradas a partir da imagem multiespectral, de resolução inferior (8 metros). Com isso, houve um melhoramento satisfatório da resolução espectral das imagens, possibilitando melhor identificação de feições e definição dos alvos/objetos.

### **Pós-processamento e validação em campo**

Posteriormente ao uso da ferramenta *Pansharpening*, as imagens resultantes foram avaliadas visualmente e, utilizando a ferramenta para criação de um vetor no formato de polígono, delimitou-se,

para cada data, a massa d'água da laguna, permitindo a comparação das regiões inundadas nas imagens com a composição de falsa cor vermelha. É importante ressaltar que a área foi demarcada desde a região da barra arenosa até a trilha principal do PEPCV, indicando o corpo de vazão direta para o mar.

Para a validação, foram utilizadas informações sobre o rompimento da barra arenosa disponibilizados por funcionários e redes sociais do parque. Além disso, foram realizadas duas campanhas de campo: uma no dia 10/07/2025 (barra arenosa rompida) e outra no dia 18/08/2025 (barra reconstruída) com o intuito realizar registros fotográficos e observar o comportamento da laguna.

### Aquisição e processamento de dados meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

O PEPCV e suas adjacências carecem de uma estação meteorológica que forneça dados meteorológicos da região, de modo que as estações meteorológicas mais próximas ao PEPCV estão localizadas no aeroporto do município de Guarapari (D1458) e ao sul do município de Vila Velha (A634).

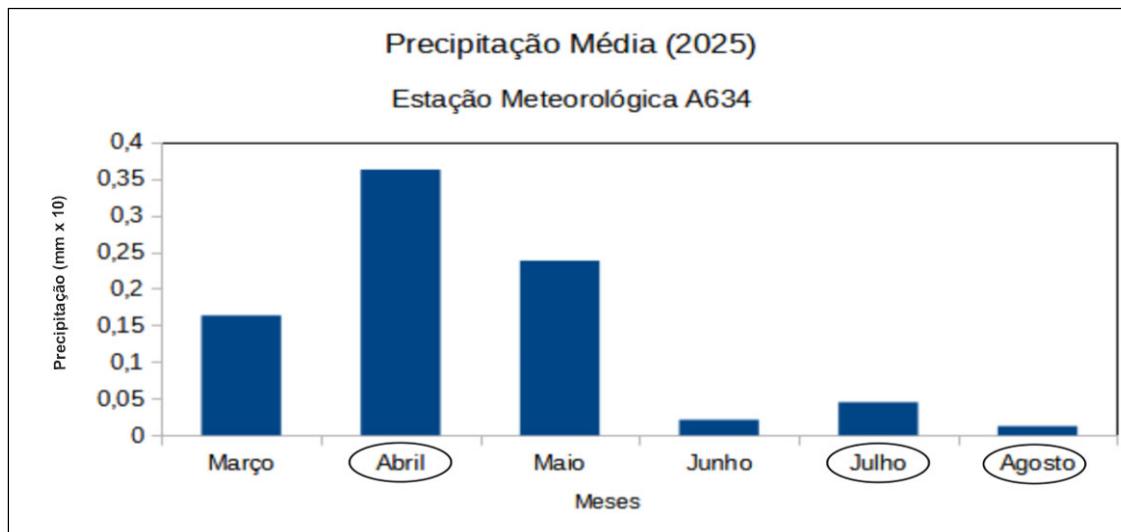
Para o presente estudo, foram utilizados os dados de pluviosidade coletados na estação meteorológica A634. Considera-se, inicialmente, que as áreas inundadas e a laguna do PEPCV têm sua recarga hídrica proveniente do escoamento subterrâneo. Outrossim, o escoamento de base é possivelmente abastecido pelo regime de chuvas nas adjacências da estação A634, uma vez que muitos corpos d'água que escoam até as proximidades do PEPCV passam perto desta estação.

Em segundo lugar, a estação D1458 corresponde a um pluviômetro automático, cujos dados são de responsabilidade do Cemaden/MCTI e, até a realização deste estudo, não estavam disponíveis na página oficial da unidade de pesquisa (<https://www.gov.br/cemaden/pt-br>).

Dessa forma, foram obtidos, a partir do Banco de Dados Meteorológicos do INMET (<https://bdmep.inmet.gov.br/>), dados horários de precipitação total (mm) no período de 01 de março a 11 de agosto de 2025. Em seguida, utilizou-se do software LibreOffice Calc para o tratamento dos dados e a elaboração de um gráfico de barras, com o intuito de observar a precipitação média mensal durante o referido período.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparando a média de precipitação dos meses de março a agosto de 2025 (Figura 3), observa-se uma maior carga pluviométrica nos meses de março, abril e maio, os quais apresentam maior potencial de recarga hídrica para a área de inundação do PEPCV. Essa recarga ocorre tanto por escoamento superficial e subsuperficial durante os períodos chuvosos quanto por escoamento subterrâneo nos períodos de estiagem.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

**Figura 3.** Precipitação média (mm) na região para os meses de março a agosto (2025). Os meses em destaque denotam o período em que se comparou a área da laguna pelas imagens de satélite.

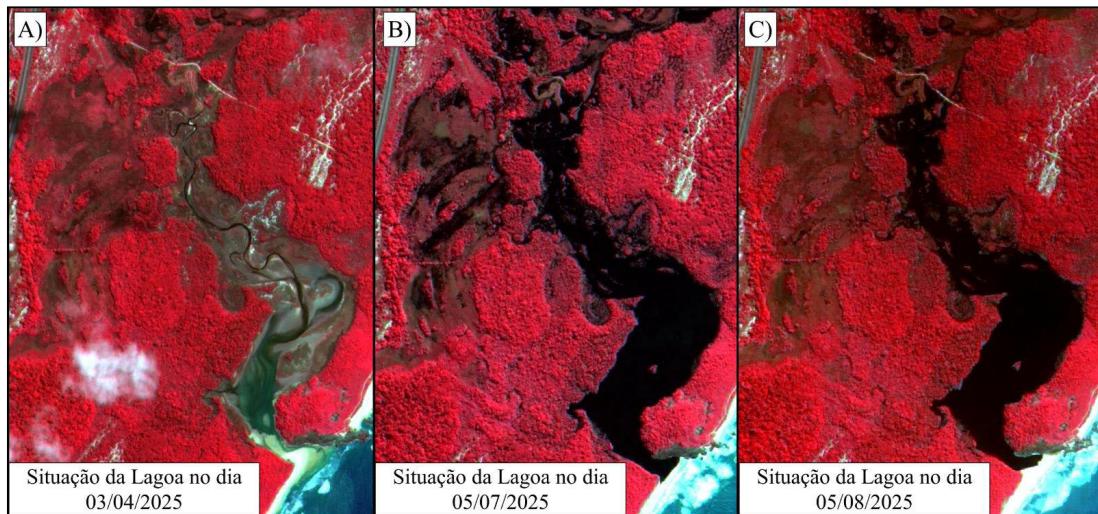
O estudo da Lagoa de Caraí, localizada no PEPCV, por meio de imagens do satélite CBERS-4A, possibilitou demonstrar a dinâmica espacial da laguna costeira e sua barra arenosa. As composições em falsa cor vermelha, fundidas com a banda pancromática, permitiram identificar claramente as variações na área inundada, bem como os eventos de rompimento e reconstrução da barra.

A Figura 4 evidencia, por meio das imagens temporais de satélite, a situação da lagoa nos dias 03/04, 05/07 e 05/08/2025. Em (4A), observa-se uma condição de vazão mínima da lagoa costeira no dia 03/04, conforme as imagens disponíveis no catálogo do INPE para o ano de 2025. A composição em falsa cor vermelha permite melhor identificação da área molhada ocupada pelo curso d'água, com base na análise visual das imagens. Os polígonos referentes à área alagada indicam uma extensão aproximada de 5,4 ha. Segundo Jensen (2015) e Mishra, Mishra e Gitelson (2014), a assinatura espectral da água em falsa cor depende, principalmente, da profundidade e pureza do corpo hídrico. Assim, a reflectância do infravermelho próximo (NIR) evidencia pontos mais escuros ao longo do curso meandrante da lagoa, o que possivelmente indica regiões de maior profundidade.

Em (4B), correspondente ao dia 05/07 observa-se a condição de vazão mínima na barra arenosa da lagoa costeira, o polígono gerado apresenta uma área molhada de 34,52 ha. Nota-se uma variação significativa na coloração do corpo da lagoa em comparação com a imagem (4A), o que indica um aumento substancial na coluna de água, ultrapassando os limites anteriormente observados.

Ademais, segundo publicação na conta oficial do Instagram do PEPCV, houve rompimento da barra arenosa nessa mesma data. A imagem (4B), portanto, demonstra a capacidade limite da barra arenosa frente ao volume de água acumulado na laguna.

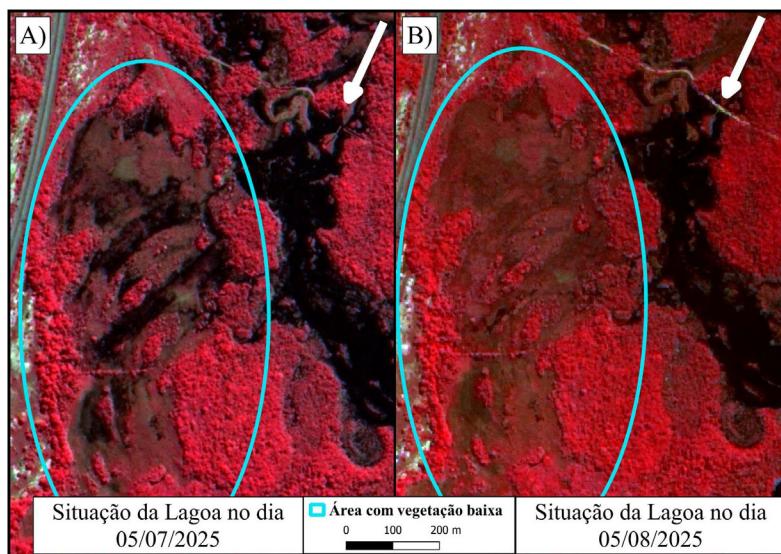
Já em (4C) observa-se que, no intervalo de aproximadamente um mês entre as imagens, ocorreu a reconstrução da barra arenosa, indicando condições hidrodinâmicas favoráveis à sua formação. Nesse cenário, a área alagada ocupa aproximadamente 25,3 ha. A comparação entre os polígonos das imagens (4B) e (4C) evidencia que a área próxima à barra arenosa permanece semelhante, indicando a persistência de determinadas feições morfológicas.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

**Figura 4.** Composição de falsa cor vermelha para demonstrar o comparativo entre (A) o momento de vazão mínima da laguna em 03/04/2025, (B) momentos antes de ocorrer rompimento da barra arenosa em 05/07/2025 e (C) a próxima passagem do satélite no dia 05/08/2025, após o rompimento em 05/07, revelando o enchimento da laguna e a reconstrução da barra pelas condições hidrodinâmicas locais.

A principal diferença entre essas imagens temporais encontra-se nas regiões mais internas da lagoa, conforme destacado na Figura 5. A situação apresentada em (5A) evidencia o extravasamento do corpo principal da lagoa, resultando no alagamento de uma região visível ao satélite, caracterizada pela ausência de vegetação. Nota-se, ainda, que uma parte da trilha (canto superior, indicada pela seta branca) apresenta coloração escura, sugerindo o alagamento desse trecho em (5A), o que não se observa em (5B). Essa evidência foi confirmada por profissionais do parque durante a primeira visita, corroborando a interpretação visual da imagem.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

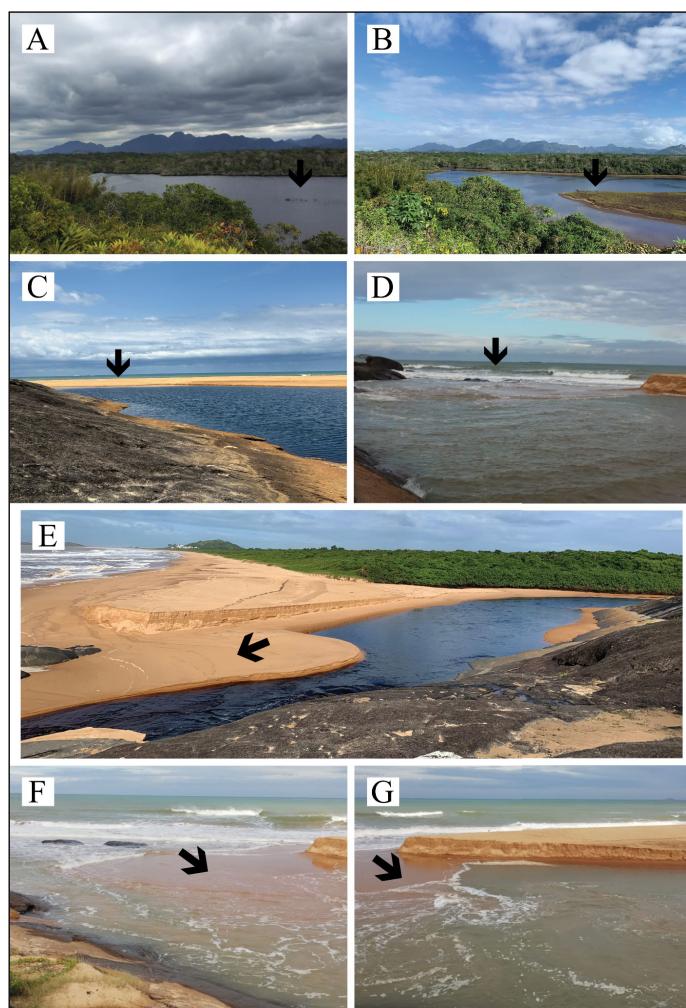
**Figura 5.** Detalhamento da região úmida adjacente ao curso principal da laguna: (A) momento de cheia da laguna em que há alagamento da região adjacente devido a extravasamento da laguna e (B) a mesma região num momento de menor vazão da laguna, sem extravasamento para as regiões adjacentes.

Pelas imagens apresentadas nas Figuras 4 e 5 é possível observar diferenças na rugosidade ao comparar os elementos em vermelho (representando a vegetação) próximos à praia com aqueles que estão mais afastados (Paranhos Filho *et al.*, 2021). Tal observação indica a presença de copas arbóreas mais desenvolvidas na região mais interior do continente. Todavia, a área mostrada na Figura 5 exibe vegetação predominantemente rasteira, o que favorece a detecção da superfície alagada por meio das imagens de satélite.

Os registros fotográficos (Figura 6), obtidos em campo em 10/07/2025 (barra arenosa rompida) e em 18/08/2025 (barra reconstruída), evidenciam a dinâmica natural da lagoa em um mesmo ponto, observada em diferentes momentos.

Nas Figuras 6A e 6B, as setas indicam o mesmo local, alternadamente coberto e descoberto pelo corpo d'água, ou seja, antes e após o rompimento da barra arenosa da laguna. Nas Figuras 6C e 6D, as setas assinalam, respectivamente, a presença e a ausência da barra arenosa que separa o ambiente lagunar do ambiente marinho.

Já na Figura 6E, a seta indica o escoamento da laguna em direção ao mar durante o rompimento da barra arenosa, evidenciando o extravasamento do corpo lagunar após o atingimento da capacidade máxima de acúmulo de água na bacia central. Por sua vez, as setas nas Figuras 6F e 6G evidenciam o escoamento do mar em direção ao interior da lagoa, demonstrando a intrusão de água marinha nesse ambiente.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

**Figura 6.** Imagens registradas durante as visitas de campo para validação do estudo. Em (A) e (B) as setas evidenciam um mesmo local coberto e descoberto pelo corpo d'água em diferentes momentos (i.e., antes e depois do rompimento da barra arenosa da laguna). Em (C) e (D) as setas indicam a presença e ausência da barra arenosa que isola o ambiente lagunar do ambiente marinho. Em (E) a seta mostra escoamento com sentido da laguna para o mar num momento de rompimento da barra arenosa, evidenciando extravasamento do corpo lagunar após atingir a capacidade máxima de acúmulo de água da bacia central. Por outro lado, as setas em (F) e (G) mostram um escoamento com sentido do mar para dentro da lagoa, evidenciando a intrusão de água do mar na bacia central.

Em adição, o PEPCV possui vegetação típica do bioma de restinga, cuja estrutura se caracteriza pelo aumento gradativo da altura das plantas à medida que estas se distribuem em direção ao interior do continente (Thomazi *et al.*, 2013). As características da vegetação, evidenciadas nas Figuras 6 e 7, podem constituir um desafio para o monitoramento da área efetivamente alagável da região, uma vez que a variação da área úmida pode ser parcialmente encoberta pelo dossel da vegetação arbustiva mais densa.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

**Figura 7.** Fotografia registrada em visita de campo mostrando a vegetação local próxima à barra arenosa (já reconstruída) da laguna. O elemento destacado na figura trata-se de uma pessoa de comprimento igual a 1,68 metro de altura.

Quanto à reconstrução da barra arenosa, evidenciada pelas Figuras 4B, 4C e 6C, existem estudos hidrodinâmicos sobre a costa brasileira que podem explicar esse fenômeno. Pianca, Mazzini e Siegle (2010) constataram um aumento da energia de onda ao longo da Plataforma Continental Brasileira (PCB), abrangendo desde a Plataforma de Abrolhos até a plataforma adjacente ao estado do Rio Grande do Sul. Esses regimes de ondas são controlados pela Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e pelas passagens de frentes frias sinóticas. Tal constatação foi corroborada por Guimarães *et al.* (2019), por meio de simulações realizadas com um modelo de geração de ondas em escala macrorregional, compreendendo toda a PCB.

Por sua vez, Oliveira *et al.* (2021) investigaram como a mobilidade de sedimentos na Plataforma Continental do Espírito Santo (PCES) pode ser influenciada pela ação das ondas, especialmente devido ao regime característico de micromaré. Os autores constataram que essa mobilidade sedimentar na PCES depende não somente das ondas geradas pela ação da ASAS e das ondas de sul e sudeste, que apresentam elevados valores de altura e período, mas também da distribuição espacial e da granulometria dos sedimentos ao longo da plataforma.

Relacionando os dados do regime pluviométrico (Figura 3) com os produtos de sensoriamento remoto (Figuras 4 e 5), é possível realizar algumas inferências. Primeiramente, em 03/04, observa-se uma situação em que a lagoa costeira já se encontrava extravasada e conectada ao mar, indicando que as chuvas mais significativas ocorridas antes dessa data, nos meses de março e abril, podem ter contribuído para a conexão da laguna com o oceano adjacente.

Em seguida, em 05/07, verifica-se a maior área ocupada pelo corpo hídrico entre as imagens monitoradas, possivelmente em razão do acúmulo de água na planície de inundação decorrente da continuidade das chuvas ocorridas nos meses de maio e junho. Como mencionado anteriormente, nesse mesmo dia ocorreu o rompimento da barra arenosa da laguna.

Por fim, em 05/08, observa-se a reconstrução da barra e a recarga hídrica da planície alagável do parque, provavelmente em virtude das chuvas residuais de julho e agosto, até o momento registrado pelo imageamento do sensor desde o último rompimento.

Considerando que o PEPCV não dispõe de uma estação meteorológica, torna-se difícil mensurar quanto a pluviosidade, o escoamento superficial e o escoamento subsuperficial contribuíram para os momentos de cheia da Lagoa de Caraís e seu extravasamento para o mar, em decorrência do rompimento da barra arenosa. Dessa forma, não é possível afirmar, com certeza, qual fenômeno exerce um papel mais relevante no enchimento da lagoa costeira: o regime pluviométrico, a geomorfologia ou o escoamento de base da região em que o parque está inserido.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Dentre os três dias analisados nas imagens, observou-se que: em 03/04/2025, a laguna apresentou área mínima de aproximadamente 5,4 ha, concentrada no canal principal meandrante até o mar; em 05/07/2025, a laguna atingiu sua máxima extensão de aproximadamente 34,52 ha. Após a passagem do satélite, os responsáveis do PEPCV informaram o rompimento da barra arenosa, causado pelo acúmulo de água na região alagável, proveniente de escoamento superficial e subterrâneo; em 05/08/2025, observou-se a reconstituição da barra arenosa e uma área de 25,3 ha, evidenciando a ação das ondas e correntes costeiras no transporte de sedimentos.

Diante do exposto, ressalta-se a importância do uso de ferramentas de sensoriamento remoto (SR) para o monitoramento de áreas de conservação e de seus respectivos corpos d'água. Considerando as observações sobre o regime de vazão da laguna, a partir do rompimento e da rápida reconstrução de sua barra arenosa, destaca-se a relevância de se considerar também o regime sedimentar e hidrodinâmico marinho local para a compreensão do comportamento dessa área costeira.

Ademais, embora existam outros trabalhos e projetos de pesquisa em andamento voltados ao estudo do PEPCV em âmbitos limnológicos, recomenda-se que o monitoramento da região a partir de produtos de SR seja realizado de forma contínua, com o emprego de drones, de modo a complementar os estudos já desenvolvidos, bem como aqueles que ainda serão realizados.

Além disso, para compreender os processos de recarga hídrica das regiões alagadas e do corpo lagunar do parque, recomenda-se a realização de estudos de condutividade hidráulica, escoamento de base e a utilização de um Modelo Digital de Elevação (MDE), que podem contribuir para o entendimento desse aspecto hidrológico. Reforça-se, ainda, a necessidade de implantação de instrumentos para a medição de dados meteorológicos, como uma estação meteorológica, e de vazão do corpo hídrico principal, como linígrafos ou réguas limnimétricas.

Por fim, a conservação das lagunas costeiras e de suas barras arenosas é essencial para a manutenção da biodiversidade, da qualidade ambiental e do equilíbrio hidrossedimentar, sendo necessário o monitoramento contínuo e o manejo integrado para garantir sua sustentabilidade diante das pressões antrópicas e às mudanças climáticas. Nesse contexto, este estudo pode subsidiar a revisão e elaboração de estratégias de conservação e de uso sustentável do PEPCV, por meio dos produtos, resultados e discussões decorrentes da pesquisa realizada.

## NOTA

5 Ressalta-se que, embora a laguna do PEPCV apresente todas as características apontadas na Figura 1, ela não pode ser considerada um estuário do ponto de vista conceitual de Dalrymple, Zaitlin e Boyd (1992), que levam em conta a influência de processos fluviais. A Lagoa de Caraís é uma área de inundação devido ao acúmulo de água por escoamento de base.

## REFERÊNCIAS

- ASSIS, J. S. O uso do sensoriamento remoto no planejamento de Unidades de Conservação. In: **Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto**, v. 1, 2002.
- BARNES, R. S. K. **Coastal lagoons**. Cambridge: Cambridge University Press, 1980. 108 p.
- BARROSO, G. F. Lagoas costeiras do Espírito Santo: perspectivas para conservação. In: MENEZES, L. F. T.; PIRES, F. R.; PEREIRA, O. J. (Org.). **Ecossistemas costeiros do Espírito Santo - conservação e restauração**. Vitória: EDUFES, 2007. p. 71-86.
- COELHO, ANDRE LUIZ NASCENTES. Análise do deslocamento da linha de costa e sua intensidade com base em produtos de sensoriamento remoto. In: MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L.S.. (Org.). **Geografia Marinha: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos**. 1ed. Rio de Janeiro: PGGM, 2020, v. 1, p. 56-73.
- DALRYMPLE, R. W.; ZAITLIN, B. A.; BOYD, R. Estuarine facies models: conceptual basis and stratigraphic implications. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 62, n. 6, p. 1130-1146, 1992.
- GUIMARÃES, R. C.; OLEINIK, P. H.; KIRINUS, E. P.; LOPES, B. V.; TROMBETTA, T. B.; MARQUES, W. C. An overview of the Brazilian continental shelf wave energy potential. **Regional Studies in Marine Science**, v. 25, 2019.
- ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Unidade de Conservação**. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao>. Acesso em: 13 ago. 2025.
- IEMA - Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Parque Estadual Paulo César Vinha**. Disponível em: <https://iema.es.gov.br/PEPCV>. Acesso em: 11 ago. 2025.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 04 ago. 2025.
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <https://www.gov.br/inpe/pt-br>. Acesso em: 11 ago. 2025.
- JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. Pearson, 4. ed., 2015.

- MISHRA, S.; MISHRA, D. R.; GITELSON, A. A. New techniques for remote estimation of vegetation and water properties in aquatic ecosystems. In: MISHRA, D. R.; MISHRA, S. (ed.). **Remote sensing of water resources, disasters, and urban studies**. Boca Raton: CRC Press, 2014. p. 45-68.
- OLIVEIRA, K. S. S.; QUARESMA, V. S.; NOGUEIRA, I. C. M.; VIEIRA, F. V.; BASTOS, A. C. Wave-driven sediment mobility on the Eastern Brazilian shelf under different weather systems. **Geo-Marine Letters**, v. 41, n. 28, 2021.
- PARANHOS FILHO, A. C.; LASTORI, G.; OLIVEIRA, A. P. G.; BOLOGNEZ, A. K. A. A. C. Classificação de Imagens. In: PARANHOS FILHO, A. C.; MIOTO, C. L.; PESSI, D. D.; GAMARRA, R. M.; SILVA, N. M.; RIBEIRO, V. O.; CHAVES, J. R. **Geotecnologias para aplicações ambientais**. Maringá: Uniedusul, 2021.
- PIANCA, C.; MAZZINI, P. L. F.; SIEGLE, E. Brazilian offshore wave climate based on NWW3 reanalysis. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 58, n. 1, p. 53-70, 2010.
- SANTOS, B. S.; MENDES, S. L. Evolução da paisagem no Parque Estadual Paulo César Vinha, Guarapari-ES. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 15, p. 6201-6208, 2011.
- THOMAZI R. D.; ROCHAR T.; OLIVEIRAM. V.; BRUNO A. S.; SILVAA. G. (2013) Um panorama da vegetação das restingas do Espírito Santo no contexto do litoral brasileiro. **Natureza on line**, v. 11, n. 1, p. 1-6, 2013.