

ESTIMATIVA DO TOTAL DE SÓLIDOS EM SUSPENSÃO (TSS) PARA AS PRAIAS DO NORTE DA ILHA DE SANTA CATARINA, FLORIANÓPOLIS: MODELAGEM COM GOOGLE EARTH ENGINE E DADOS MSI/SENTINEL-2

ESTIMATION OF TOTAL SUSPENSION SOLIDS (TSS) FOR THE NORTHERN BEACHES OF SANTA CATARINA ISLAND, FLORIANÓPOLIS: MODELING WITH GOOGLE EARTH ENGINE AND MSI/SENTINEL-2 DATA

ESTIMACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (SST) PARA LAS PLAYAS DEL NORTE DE LA ISLA DE SANTA CATARINA, FLORIANÓPOLIS: MODELADO CON GOOGLE EARTH ENGINE Y DATOS MSI/SENTINEL-2

 <https://doi.org/10.56238/arev7n8-173>

Data de submissão: 19/07/2025

Data de publicação: 19/08/2025

Bento Almeida Gonzaga

Mestre em Gerenciamento Costeiro

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande (FURG)

E-mail: profbentoag@gmail.com

Dinalva Aires de Sales

Doutora em Física

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande (FURG)

E-mail: dsales@furg.br

Jean Marcel de Almeida Espinoza

Doutor em Sensoriamento Remoto

Instituição: Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)

E-mail: espinoza.almeida@gmail.com

Isadora Bicho Emmendorfer

Mestre em Oceanologia

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande (FURG)

E-mail: emmendorferisadora@gmail.com

RESUMO

As praias localizadas no norte da Ilha de Santa Catarina, no município de Florianópolis/SC, representam uma área de interesse ambiental, turístico e socioeconômico. A qualidade ambiental dessas praias é essencial para o bem-estar da população local, para a manutenção dos ecossistemas costeiros e para a atratividade turística. Nesse contexto, o monitoramento sistemático da qualidade da água se torna fundamental para identificar potenciais riscos à saúde e orientar ações de gestão costeira. Nesse contexto, esse estudo buscou avaliar o potencial do uso do índice de Total de Sólidos em Suspensão (TSS), obtido via imagens satelitais, como indicador de balneabilidade para as praias do norte da Ilha de Santa Catarina, compreendendo Daniela, Jurerê, Canajurê, Canasvieiras, Cachoeira do Bom Jesus, Ponta das Canas, Lagoinha do Norte, Praia Brava, Ingleses e Santinho, no período de 1º de janeiro de 2018 a 31 de dezembro de 2023. A metodologia empregada consistiu na utilização da plataforma Google Earth Engine (GEE) para processar os dados e calcular o índice de TSS para a localização coincidente aos 38 pontos de monitoramento já mantidos pelo Instituto do Meio Ambiente

de Santa Catarina (IMA-SC). Foram identificados padrões temporais e espaciais de TSS, correlacionando as variações com a qualidade ambiental dessas praias. Os resultados indicaram variações significativas nos valores de TSS entre as praias e ao longo do período analisado, com picos de concentração associados a eventos de maior pluviosidade e a períodos de intensa ocupação turística, sugerindo influência tanto de fatores naturais quanto antrópicos. Essa análise expõe o uso do TSS, obtido por sensoriamento remoto, como uma ferramenta eficaz, escalável e de baixo custo para o monitoramento da balneabilidade em escala regional. A abordagem permite análises periódicas e abrangentes, subsidiando políticas públicas e estratégias de manejo costeiro que visem à preservação da qualidade ambiental e à sustentabilidade do uso recreativo das praias.

Palavras-chave: Total de Sólidos em Suspensão (TSS). Google Earth Engine. Algoritmo. Sentinel-2.

ABSTRACT

The beaches located in the north of Santa Catarina Island, in the municipality of Florianópolis, Santa Catarina, represent an area of environmental, tourist, and socioeconomic interest. The environmental quality of these beaches is essential for the well-being of the local population, the maintenance of coastal ecosystems, and tourist attraction. In this context, systematic water quality monitoring is essential to identify potential health risks and guide coastal management initiatives. In this context, this study sought to evaluate the potential of using the Total Suspended Solids (TSS) index, obtained via satellite imagery, as an indicator of bathing suitability for the beaches in the north of Santa Catarina Island, including Daniela, Jurerê, Canajurê, Canasvieiras, Cachoeira do Bom Jesus, Ponta das Canas, Lagoinha do Norte, Praia Brava, Ingleses, and Santinho, from January 1, 2018, to December 31, 2023. The methodology employed consisted of using the Google Earth Engine (GEE) platform to process the data and calculate the TSS index for the location coinciding with the 38 monitoring points already maintained by the Santa Catarina Environmental Institute (IMA-SC). Temporal and spatial patterns of TSS were identified, correlating the variations with the environmental quality of these beaches. The results indicated significant variations in TSS values between beaches and throughout the analyzed period, with peak concentrations associated with higher rainfall events and periods of intense tourist activity, suggesting the influence of both natural and anthropogenic factors. This analysis demonstrates the use of TSS, obtained through remote sensing, as an effective, scalable, and low-cost tool for monitoring bathing water quality on a regional scale. This approach allows for periodic and comprehensive analyses, supporting public policies and coastal management strategies aimed at preserving environmental quality and sustaining recreational beach use.

Keywords: Total Suspended Solids (TSS). Google Earth Engine. Algorithm. Sentinel-2.

RESUMEN

Las playas ubicadas al norte de la isla de Santa Catarina, en el municipio de Florianópolis, Santa Catarina, representan un área de interés ambiental, turístico y socioeconómico. La calidad ambiental de estas playas es esencial para el bienestar de la población local, el mantenimiento de los ecosistemas costeros y la atracción turística. En este contexto, el monitoreo sistemático de la calidad del agua es esencial para identificar posibles riesgos para la salud y orientar las iniciativas de gestión costera. En este contexto, este estudio buscó evaluar el potencial de utilizar el índice de Sólidos Suspensos Totales (SST), obtenido a través de imágenes satelitales, como un indicador de aptitud para el baño para las playas en el norte de la isla de Santa Catarina, incluyendo Daniela, Jurerê, Canajurê, Canasvieiras, Cachoeira do Bom Jesus, Ponta das Canas, Lagoinha do Norte, Praia Brava, Ingleses y Santinho, del 1 de enero de 2018 al 31 de diciembre de 2023. La metodología empleada consistió en utilizar la plataforma Google Earth Engine (GEE) para procesar los datos y calcular el índice de SST para la ubicación coincidente con los 38 puntos de monitoreo ya mantenidos por el Instituto Ambiental

de Santa Catarina (IMA-SC). Se identificaron patrones temporales y espaciales de SST, correlacionando las variaciones con la calidad ambiental de estas playas. Los resultados indicaron variaciones significativas en los valores de SST entre playas y a lo largo del período analizado, con concentraciones máximas asociadas a eventos de mayor precipitación y períodos de intensa actividad turística, lo que sugiere la influencia de factores tanto naturales como antropogénicos. Este análisis demuestra el uso de los SST, obtenidos mediante teledetección, como una herramienta eficaz, escalable y de bajo costo para el monitoreo de la calidad de las aguas de baño a escala regional. Este enfoque permite análisis periódicos e integrales, que respaldan las políticas públicas y las estrategias de gestión costera destinadas a preservar la calidad ambiental y mantener el uso recreativo de las playas.

Palabras clave: Sólidos Suspendidos Totales (SST). Google Earth Engine. Algoritmo. Sentinel-2.

1 INTRODUÇÃO

As praias urbanas desempenham papel estratégico no desenvolvimento socioeconômico das cidades costeiras, por sua importância ambiental, sociocultural ou econômica, ou pelo estímulo ao turismo que promovem. No Brasil, com destaque para o litoral catarinense, o turismo litorâneo representa uma das principais fontes de renda, especialmente em cidades como Florianópolis, cuja paisagem costeira atrai milhões de visitantes anualmente (SIQUEIRA; LUCAS, 2023).

Praias da ilha de Santa Catarina, em Florianópolis/SC, como as praias do Ingleses, Santinho, Canasvieiras, Praia Brava, Daniela e Jurerê, são visitadas anualmente por milhares de turistas nacionais e estrangeiros, e têm sua imagem intimamente relacionada à qualidade paisagística e ambiental do ambiente marinho (OLIVEIRA, 2016; GONZAGA et al., 2023a). Essa percepção está diretamente associada à coloração e à transparência da água, elementos que influenciam a decisão do turista em frequentar ou não um determinado balneário (TURCATO, 2019; SIQUEIRA; LUCAS, 2023).

O total de sólidos suspensos em um corpo d'água trazem impactos diretos sobre a biota desse ambiente, como a sedimentação, o aprisionamento de micro-organismos nocivos, como fungos e bactérias e detritos depositados nas calhas desses ambientes, eliminando a biota original que fornece alimentos aos peixes, por exemplo (CETESB, 2001). Nessa perspectiva, o Total de Sólidos em Suspensão (TSS) desponta como um indicador ambiental de grande valor paisagístico, dada sua forte correlação com a turbidez da água (PEIXOTO et al., 2018; GONZAGA et al., 2023b).

O TSS representa a concentração de partículas sólidas não dissolvidas na coluna d'água e pode ser originado tanto por processos naturais, como ressuspensão de sedimentos pela ação de ondas e ventos, quanto por processos antrópicos, como a descargas de efluentes ou alterações na geomorfologia costeira. Sua presença interfere na propagação da radiação eletromagnética na água, aumentando a refletância nos comprimentos de onda do visível e diminuindo a penetração da luz, o que permite sua detecção remota por sensores orbitais multiespectrais (JENSEN, 2011; ZHAO et al., 2020). Esse aspecto físico da água, percebido visualmente como "limpeza" ou "sujeira", afeta diretamente a avaliação estética feita pelos usuários das praias (GONZAGA et al., 2023b).

Recentemente, métodos baseados em dados coletados por sensoriamento remoto vêm sendo aplicados para estimar o TSS e outros indicadores de qualidade da água, como a concentração de Clorofila-a, que reflete o nível de eutrofização e a presença de matéria orgânica dissolvida (NASCIMENTO et al., 2019; PEREIRA-SANDOVAL et al., 2019). A utilização de imagens dos sensores MSI (*MultiSpectral Instrument*) dos satélites Sentinel-2A e 2B, possibilita a análise multitemporal e espacializada da qualidade da água com alta resolução espectral e espacial. Além disso, ferramentas como o QGIS e o *Google Earth Engine* (GEE) têm democratizado o acesso e o

processamento desses dados, viabilizando sua aplicação em estudos de baixo custo e ampla abrangência (GONZAGA et al., 2023c).

Nesse cenário, a escolha do TSS como um indicador de balneabilidade das praias torna-se um método escalável e eficaz para mensurar a qualidade ambiental das praias de forma abrangente e periódica. Com isso, utilizou-se da plataforma do *Google Earth Engine* (GEE) para codificar e analisar o índice de TSS para os 38 pontos de monitoramento já acompanhados pelo Instituto do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina (IMA-SC), distribuídos nas praias do norte da ilha de Santa Catarina, Florianópolis/SC: Daniela, Jurerê, Canajurê, Canasvieiras, Cachoeira do Bom Jesus, Ponta das Canas, Lagoinha do Norte, Praia Brava, Ingleses e Santinho, compreendendo o período de 1 de janeiro de 2018 à 31 de dezembro de 2023.

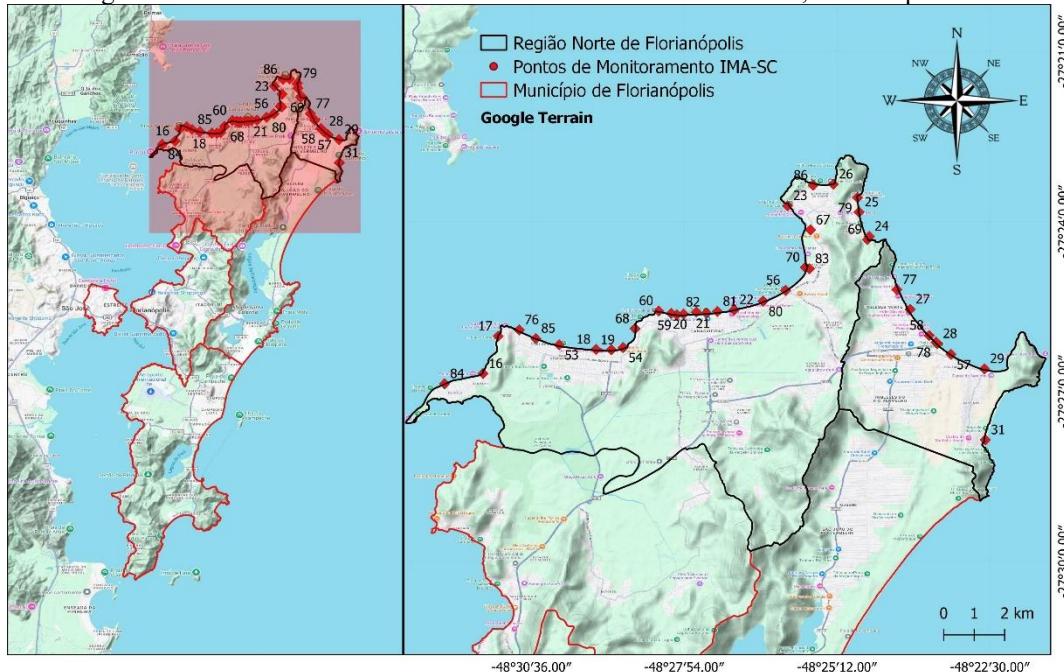
1.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo desse trabalho engloba as praias do norte da Ilha de Santa Catarina, porção do município de Florianópolis/SC. Florianópolis é um importante polo turístico e, muito desse interesse, vem de suas praias, nelas é comum encontrarmos turistas gaúchos, paulistas e paranaenses, bem como, argentinos, uruguaios e paraguaios. Porém, o adensamento causado pela superlotação desses balneários durante a temporada de verão expõe uma realidade deficiente no que tange os sistemas hidrossanitários (esgoto e drenagem).

A região norte da Ilha de Santa Catarina combina um embasamento cristalino (rochas ígneas e metamórficas pré-cambrianas) recortado por planícies costeiras e depósitos quaternários, como dunas, sedimentos lagunares e aluvionares (ATLAS DE FLORIANÓPOLIS, 2025). Essa configuração geológica determina a alternância entre trechos rochosos (promontórios) e trechos de praias arenosas com dunas e restinga, além de pequenas microbacias costeiras que drenam para o oceano. A urbanização e o turismo influenciam fortemente a paisagem e o uso de recursos hídricos locais (ATLAS DE FLORIANÓPOLIS, 2025).

A área de estudo desse trabalho constitui o recorte espacial das praias da porção norte da Ilha de Santa Catarina, município de Florianópolis (SC), onde se localizam as praias de Daniela, Jurerê, Canajurê, Canasvieiras, Cachoeira do Bom Jesus, Ponta das Canas, Lagoinha do Norte, Praia Brava, Ingleses e Santinho. (Figura 1).

Figura 1: Área de Estudo: Praias do Norte da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis/SC.



Fonte: autores

Essas praias compreendem uma variedade de morfologias e embasamentos geológicos, constituindo espaços dinâmicos distintos e complexos no que tange a os fatores influenciadores da balneabilidade, como a contaminação por esgoto doméstico, a transparência hídrica e a carga de sedimentos, por exemplo. Um resumo, cada uma das praias desse recorte é dado por:

- Daniela — enseada curta entre promontórios rochosos com trechos arenosos; menor adensamento urbano relativo.
- Jurerê (Tradicional e Internacional) — frente de praia arenosa com alta urbanização turística, infraestrutura de lazer e áreas de alto valor imobiliário.
- Canajurê — pequena enseada abrigada, substrato misto areia/rocha e uso recreativo mais pontual.
- Canasvieiras — extensa faixa arenosa, balneário de grande densidade turística, sujeita a dinâmica costeira e intervenções de proteção.
- Cachoeira do Bom Jesus — praia de frente arenosa com influência de microcursos de drenagem e áreas de restinga/duna adjacentes.
- Ponta das Canas — areal amplo exposto ao oceano, com maior energia de ondas e linhas de arrebentação mais pronunciadas.
- Lagoinha do Norte — enseada de sedimentos finos, vegetação litorânea e menor densidade construtiva; interface entre planície e restinga.

- Praia Brava — trecho localizado por vezes em condição mais exposta, com episódios de erosão localizada e morfologia mais estreita.
- Ingleses — um dos maiores núcleos de ocupação do norte da ilha, ampla faixa de praia, forte sazonalidade turística e pressão sobre recursos e infraestrutura.
- Santinho — alternância entre costões rochosos e trechos arenosos; sítios arqueológicos (sambaquis/petroglifos) documentados em áreas próximas.

A ilha de Santa Catarina apresenta um embasamento cristalino composto por maciços rochosos pré-cambrianos (migmatitos, granitos e rochas plutono-vulcânicas) intercalados com coberturas sedimentares quaternárias em planícies costeiras — resultado que determina a alternância entre trechos de costões rochosos e praias arenosas com dunas e restingas.

A urbanização crescente e a impermeabilização de superfícies, acentuada localmente nas últimas décadas, alteram o regime de escoamento e aumentam os requerimentos de saneamento e tratamento de efluentes, o que tem implicações diretas sobre a qualidade das águas costeiras e a balneabilidade. Planos municipais e estudos de saneamento apontam a importância do manejo integrado dessas bacias e do controle de cargas difusas e pontuais para preservar a orla.

Quanto à população, as praias estudadas variam desde trechos com ocupação densamente urbanizada e forte sazonalidade turística (Ingleses, Canasvieiras, Jurerê) até áreas de menor pressão antrópica e uso predominantemente residencial ou de lazer (Canajurê, Lagoinha do Norte, Daniela). A ocupação turística impõe demandas sobre abastecimento de água, rede de esgotamento e gestão de resíduos, fatores diretamente relacionados à necessidade de monitoramento contínuo da qualidade costeira. Dados demográficos e planejamento municipal indicam crescimento populacional e expansão de infraestrutura na região norte da ilha nas últimas décadas.

O uso do TSS para o monitoramento das condições das águas das praias estudadas apresenta-se como um indicador robusto, considerando a heterogeneidade morfosedimentar (costões rochosos e planícies arenosas com dunas) e a variabilidade de usos (urbanização intensa vs. áreas menos adensadas) na porção norte da ilha exigem um monitoramento espacialmente distribuído do material em suspensão (TSS). Microbacias costeiras, eventos de ressaca e descargas urbanas podem gerar variações temporais e espaciais acentuadas nos níveis de TSS, justificando a adoção de índices remotos e séries temporais (ex.: análise via *Google Earth Engine*) para avaliar tendências e pontos críticos ao longo do período 2018–2023.

2 MATERIAL E MÉTODOS

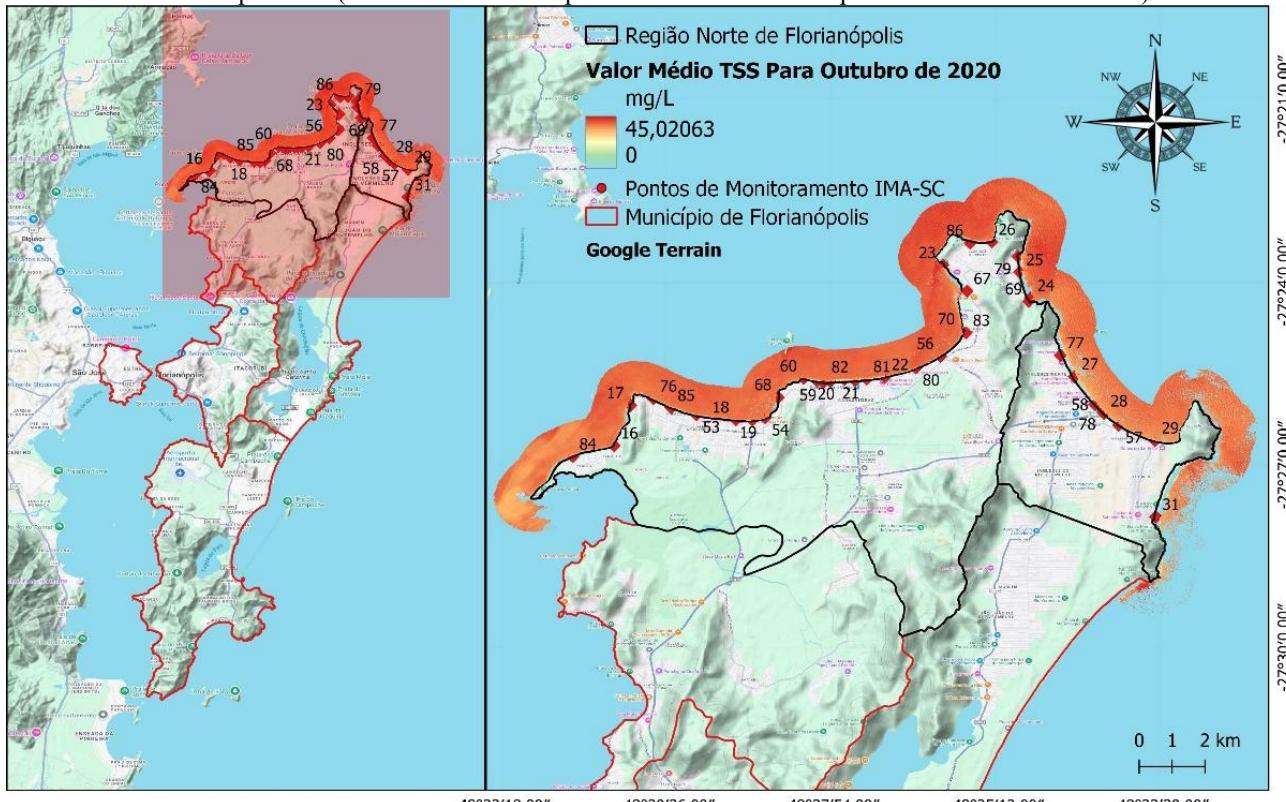
A estimativa dos valores de TSS foram calculados com a codificação de um algoritmo dentro do ambiente de desenvolvimento online *Google Earth Engine*. Com essa ferramenta é possível utilizar as bibliotecas e recursos já implementadas no GEE, que é uma plataforma de análise geoespacial que permite a visualização e análise de imagens de diferentes satélites.

A partir das linhas de comando, geradas no código, selecionou-se imagens do sensor *MultiSpectral Instrument* (MSI) a bordo dos satélites Sentinel-2A e Sentinel-2B disponibilizadas pela Agência Espacial Européia (ESA). Como parâmetros utilizou-se: a cobertura de nuvem inferior a dez por cento e a resolução espacial de 10m. A estimativa do índice de TSS foi baseado na equação 1, proposta por Peixoto, Guasselli e Pereira Filho (2018) e que foi adaptada de Zhao et al (2020).

$$T_{SS} = 172.191 * \log\left(\frac{B3}{B4}\right)^2 - 190.809 * \log\left(\frac{B3}{B4}\right) + 61.6 \quad (1)$$

onde B3 e B4 correspondem, respectivamente, as bandas espectrais do vermelho e infravermelho próximo do sensor MSI-Sentinel-2A e 2B. Aplicando essa equação sobre as cenas MIS-S2 (A e B) para a área de interesse (i.e., até 252 cenas, sem cobertura de nuvens para a área e já disponibilizadas em reflectância de superfície – *Bottom of Atmosphere*, BOA), foram obtidas as estimativas de TSS, gerando imagens de TSS como o exemplo da Figura 2, onde cada pixel contém um valor estimado de TSS.

Figura 2: Exemplo de imagem de estimativa de TSS gerada para as Praias do Norte da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis/SC (obs.: cena recortada para um buffer de 1 km a partir da linha de costa local).



Fonte: autores

Para cada uma das cenas processadas, gerando-se as estimativas de TSS, foram sobrepostos os pontos de monitoramento onde são coletadas as amostras de água analisadas pelo IMA-SC (apontados na Figura 2). Extraíndo-se os valores dos pixels dessas cenas que correspondiam à localização dos referidos pontos de monitoramento, sendo organizadas tabelas contendo os valores correspondentes às coordenadas geográficas deste ponto, alterando a respectiva linha de código a cada nova execução. Com isso, foram gerados vetores de estimativas de TSS para cada ponto, agrupados por praia (e.g., um vetor gerado para o ponto nº 26, um vetor gerado para o ponto nº 86 e ambos agrupados para formar o vetor correspondente a praia da Lagoinha do Norte). Ao todo, foram executados um comando para cada ponto correspondente e como resultado obteve-se um arquivo tabular de extensão “.csv” contendo os valores diários de TSS para o respectivo ponto e compreendendo o período de 1 de janeiro de 2018 à 31 de dezembro de 2023. Posteriormente, os arquivos gerados foram compilados em uma única tabela do Excel para análise estatística e comparativa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do ambiente integrado de desenvolvimento (IDE), *Code Editor*, onde se escreveu um algoritmo para a finalidade desse trabalho, utilizando-se da linguagem JavaScript, com objetivo de estimar os valores médios de TSS para o período de 01 de Janeiro de 2018 à 31 de dezembro de 2023, calculados para cada cena selecionada (i.e., imagem de uma data específica) e para cada coordenada-ponto definida (i.e., coordenadas correspondentes aos pontos de amostragem de água utilizados pelo IMA-SC).

Para cada ponto, ao se executar o algoritmo proposto, o sistema selecionou nas bases de dados do GEE®, as imagens correspondentes ao filtro de cobertura de nuvens desejado (i.e, menos que 10%), sobre o conjunto de imagens selecionadas para o sensor MSI-Sentinel 2A e 2B. Então, sequencialmente, o sistema armazena o valor médio para o ponto em cada imagem (data). Posteriormente, o valor processado foi exportado em um arquivo contendo os valores para cada coordenada-ponto selecionada, com este arquivo sendo armazenado no repositório eletrônico do projeto junto ao GoogleDrive®. Esses arquivos foram organizados, analisados e categorizados por estação do ano (i.e., verão, outono, inverno e primavera).

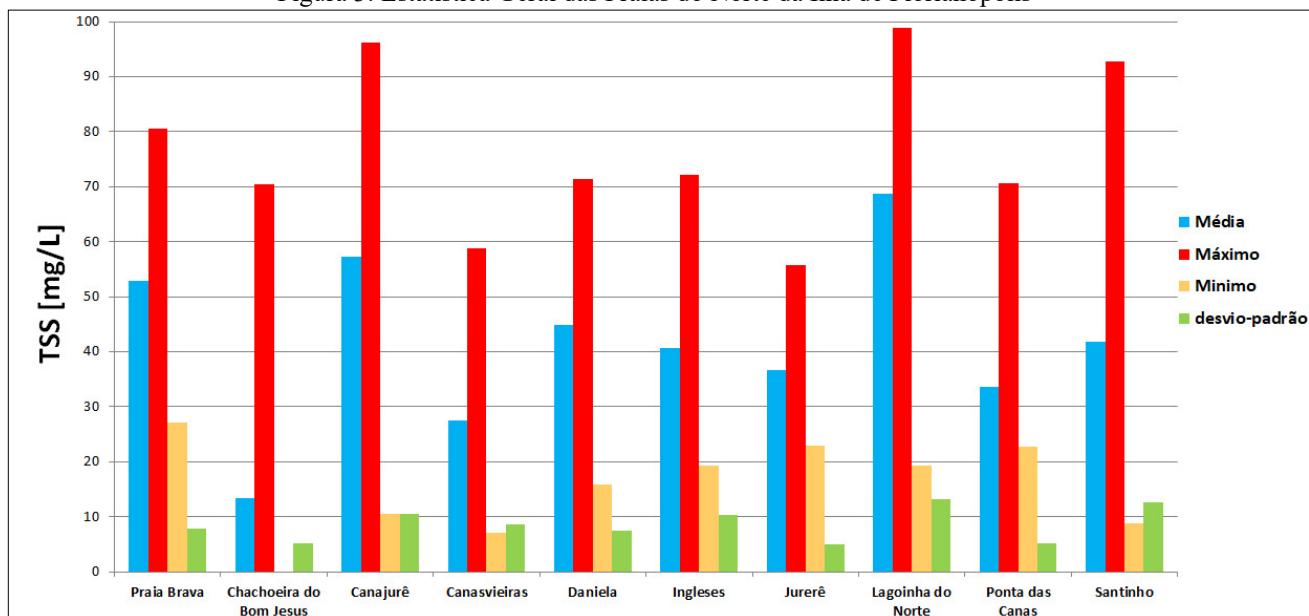
Por verão consideramos os meses de dezembro, janeiro e fevereiro. Para o outono, os meses de março, abril e maio. Para o inverno, os meses de junho, julho e agosto e para a primavera, os meses de setembro, outubro e novembro.

Os dados estatísticos gerais, apresentados na figura 3, mostram que as praias analisadas indicam variações significativas nas concentrações de Total de Sólidos em Suspensão (TSS), com valores máximos variando entre 55 mg/L (Jurerê) e 98 mg/L (Lagoinha do Norte). As médias mais elevadas foram observadas em Lagoinha do Norte (68 mg/L), Canajurê (57 mg/L) e Praia Brava (53 mg/L), enquanto as menores foram verificadas em Cachoeira do Bom Jesus (13 mg/L) e Canasvieiras (28 mg/L) respectivamente.

Notavelmente, o desvio-padrão mais acentuado também foi encontrado na praia de Lagoinha do Norte, sugerindo maior variabilidade sazonal ou antrópica local. Em especial, esta praia, caracteriza-se por casas de veraneio e localizadas adjacentes ao balneário. É comum, que os acessos a praia sejam feitos por ‘vias particulares’, pertencentes a pequenos conjuntos de casas. A praia da Lagoinha caracteriza-se por uma praia de enseada protegida por dois costões o que cria um mar calmo e pouca renovação sedimentar.

Essa distribuição reforça a relevância do TSS como indicador sensível às influências naturais e antrópicas, como eventos de dragagem, presença de canais de drenagem, escoamento superficial e intervenções urbanas, como apontado por Zhao et al. (2020) e Folzke (2008).

Figura 3: Estatística Geral das Praias do Norte da Ilha de Florianópolis



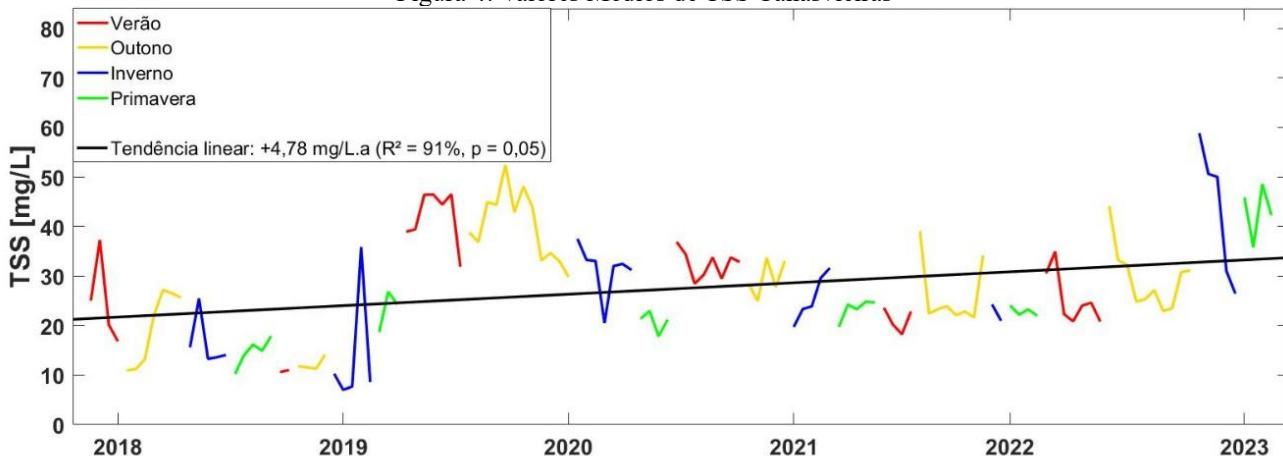
Fonte: autores

A análise temporal da média de TSS na praia de Canasvieiras (2018–2023), figura 4, revela uma tendência linear crescente de +4,78 mg/L ao ano ($R^2 = 91\%$, $p = 0,05$), com elevações mais pronunciadas a partir de 2020, período que coincide com o término das obras de alargamento da faixa de areia. Isso corrobora a hipótese de que intervenções costeiras podem promover alterações na dinâmica sedimentar e na concentração de sólidos suspensos (GONZAGA et al., 2023c; SILVA, 2000).

A sazonalidade também se mostrou evidente: os valores mais altos ocorrem no verão e outono, possivelmente associados ao aumento do fluxo turístico e à menor renovação hídrica, respectivamente. Como destacado por Folzke (2008), o Balneário de Canasvieiras está inserido dentro da bacia hidrográfica do Rio Ratones, composto principalmente pelos rios: Camarão, Papaquara, Vargem do Brás e rio da Palha. O Rio Papaquara é um afluente do Rio Ratones e transpassa por uma comunidade vulnerável, de mesmo nome e, que historicamente, carece de ações básicas de saneamento por parte do poder público. Enquanto o Rio Vargem do Brás em períodos de grande intensidade pluviométrica ele abre sua foz e desemboca no mar Silva (2000).

A ação antrópica no balneário evidencia-se, também, pela ocupação irracional e irregular de áreas de dunas, mangues, praias e restinga Folzke (2008).

Figura 4: Valores Médios de TSS Canasvieiras

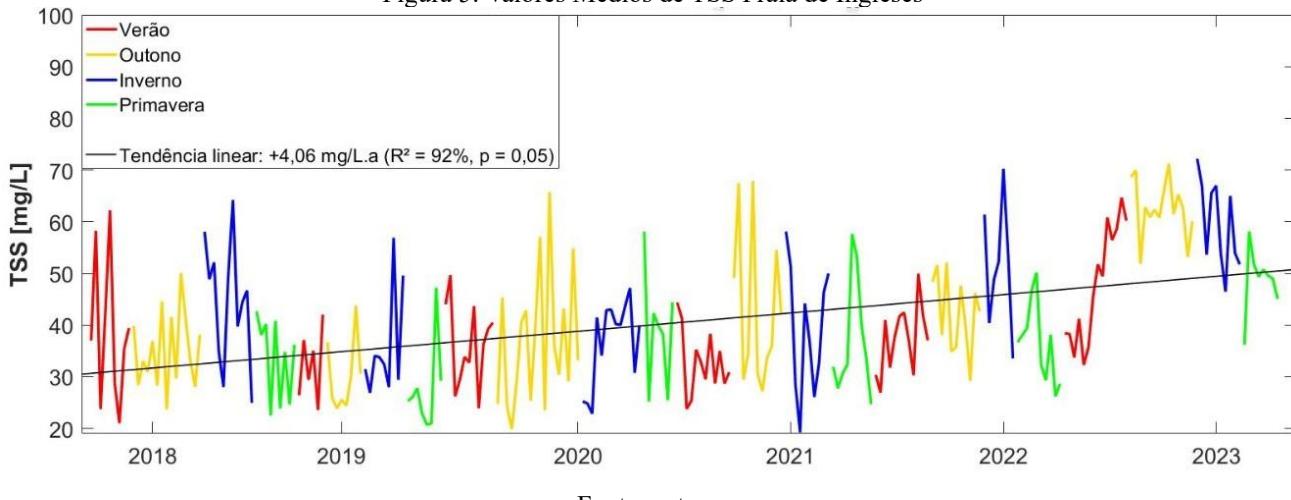


Fonte: autores

Por outro lado, a praia dos Ingleses, figura 5, apresentou tendência igualmente crescente no TSS ($+4,06 \text{ mg/L}$ ao ano, $R^2 = 92\%$, $p = 0,05$), com média mais elevada e picos acima de 80 mg/L em múltiplas estações. A elevada variabilidade observada em todas as estações pode ser explicada por fatores como descargas pluviais, esgoto irregular e morfologia local (TURCATO, 2019; NASCIMENTO et al., 2019).

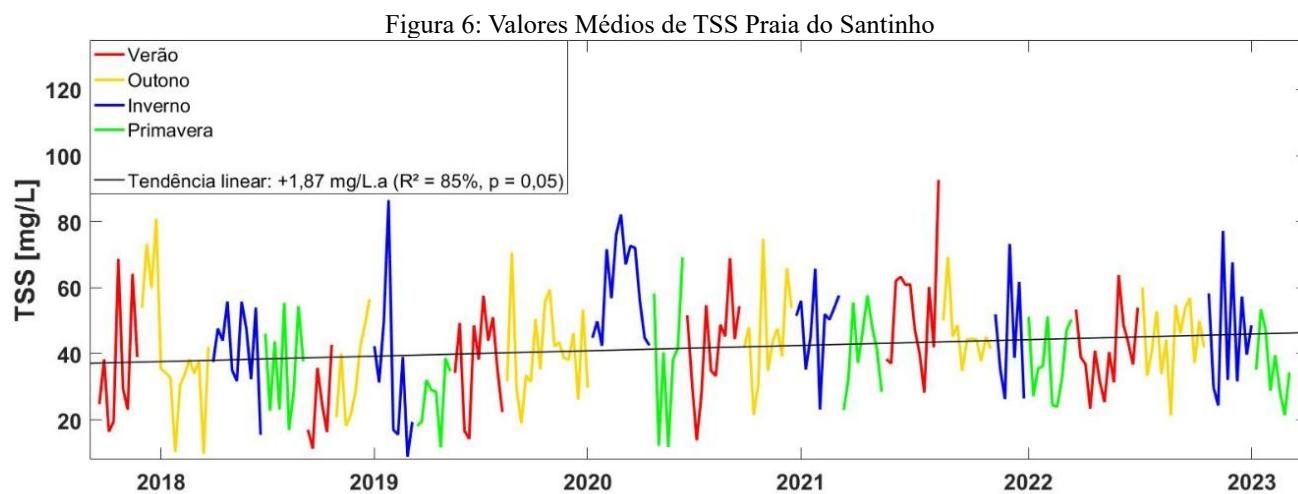
O balneário dos Ingleses constitui o bairro mais populoso de Florianópolis, com aproximadamente 55 mil habitantes segundo o Censo de 2022 (IBGE, 2025), além disso, semelhante à Canasvieiras é uma das praias mais visitadas da cidade, tanto por turistas nacionais quanto estrangeiros. A região está inserida na bacia hidrográfica do rio Capivari, cujos afluentes drenam áreas densamente povoadas e, muitas vezes, desprovidas de redes de esgoto sanitário adequadas, resultando em lançamentos irregulares em corpos hídricos que deságuam diretamente na praia.

Figura 5: Valores Médios de TSS Praia de Ingleses



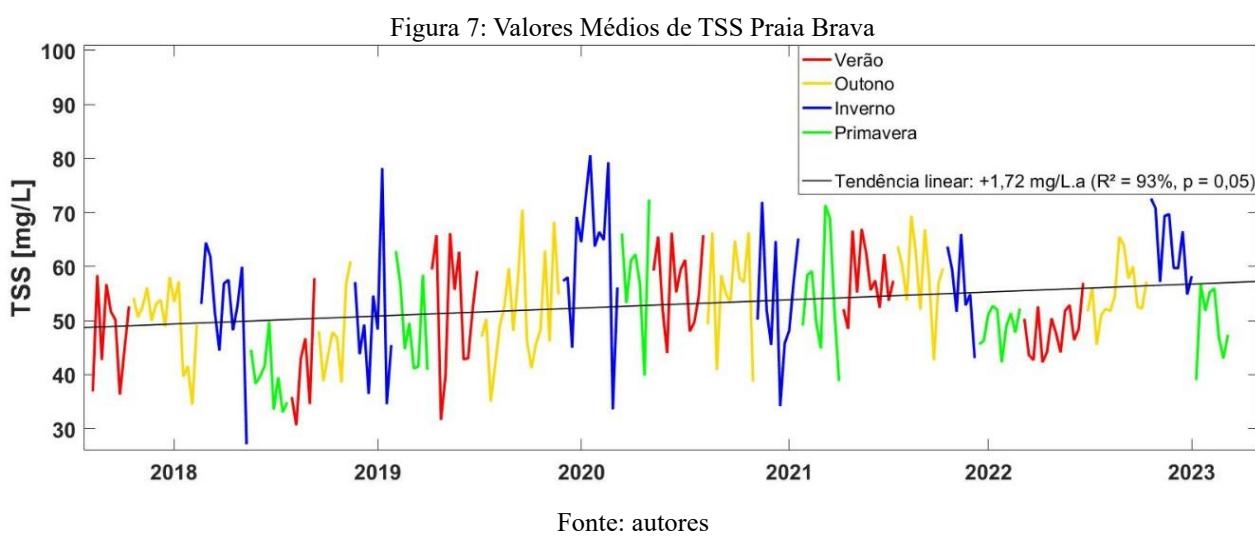
Fonte: autores

A praia do Santinho, caracterizada por ser uma praia de enseada, possui um campo de duna importante, o campo Santinho-Ingleses, que tem seu início no setor central e norte da praia. Ao Sul é protegida pelo Morro do Calhau, onde encontra-se um grande complexo hoteleiro. Os dados para a praia do Santinho (figura 6) apresentam uma tendência crescente no TSS (+1,87 mg/L ao ano, $R^2 = 85\%$, $p = 0,05$).



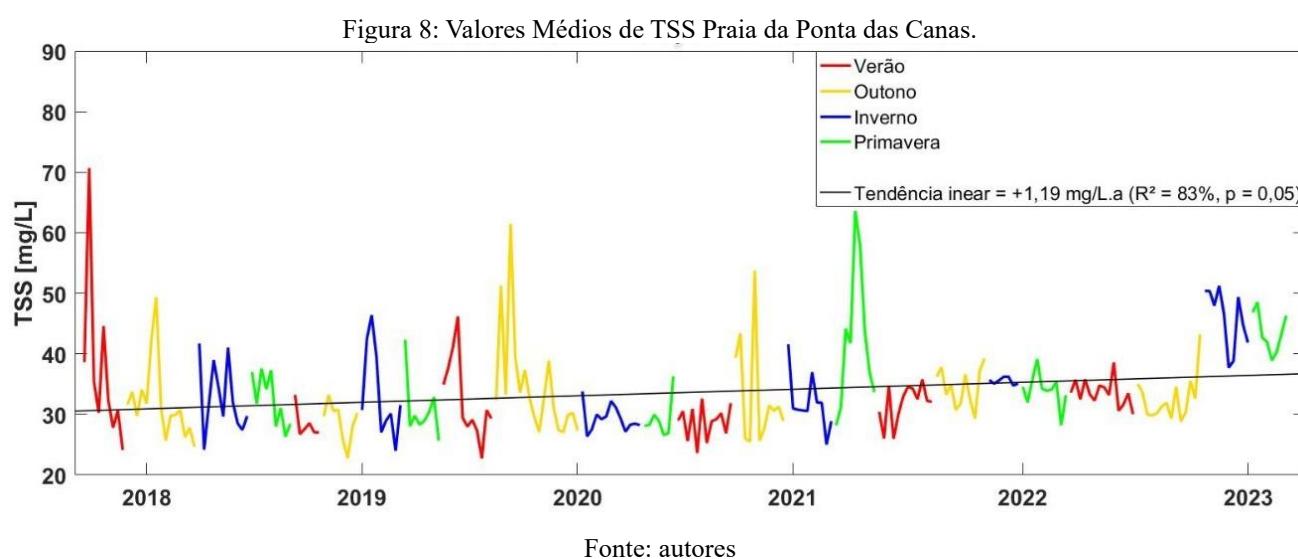
Fonte: autores

Com mar agitado e forte apelo para o turismo de verão, a Praia Brava é conhecida pelas ondas fortes que atraem surfistas. A ocupação urbana recente é intensa, alterando a cobertura do solo, aumentando o escoamento superficial. A deficiência na cobertura de esgotamento sanitário, especialmente em morros e áreas periféricas, representa um fator de risco para a balneabilidade. Os dados para a praia Brava (figura 7) apresentam tendência crescente no TSS (+1,72 mg/L ao ano, $R^2 = 93\%$, $p = 0,05$).



Fonte: autores

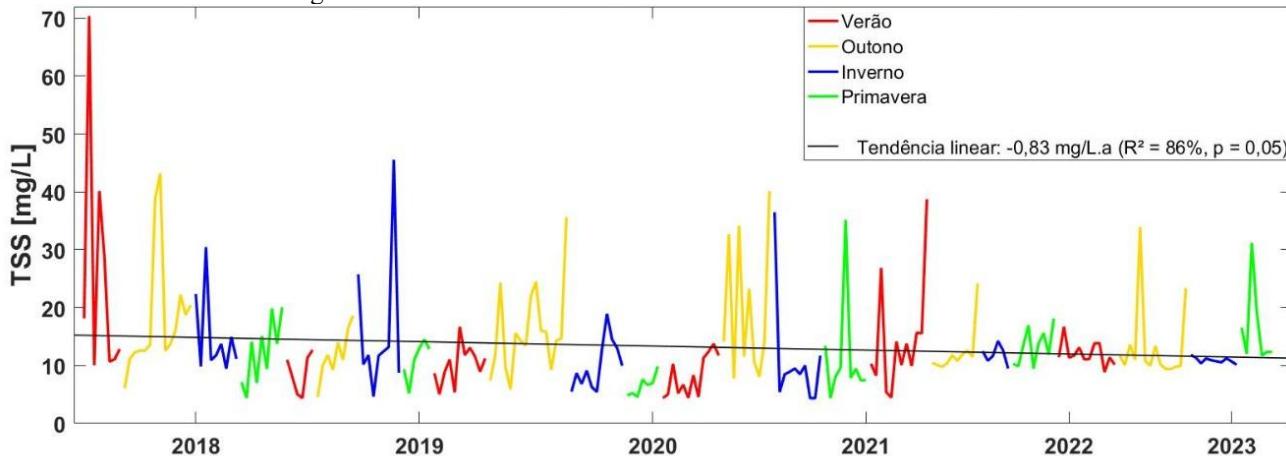
Ponta das Canas é uma praia de características mistas: enquanto o centro da praia é mais urbanizado e turístico, as extremidades conservam áreas de vegetação nativa. A topografia plana favorece o acúmulo de água em áreas urbanas mal drenadas. Apesar disso a praia ainda guarda certo valor cênico. Os dados para a praia da Ponta das Canas (figura 8) apresentam tendência crescente no TSS (+1,19 mg/L ao ano, $R^2 = 83\%$, $p = 0,05$). Os pontos de coleta para a praia da ponta das canas, são particularmente, distintos. O ponto 83 se situa em frente à Rua Alcina Jannis, em um canal de intersecção entre a lagoa e o mar. Enquanto o ponto 67 situa-se na estrada Geral de Ponta das Canas, altura do n°5.281, na porção mais interior da Lagoa e, por fim, o ponto 70, que é linear ao ponto 83, porém coletado no mar.



Fonte: autores

A praia da Cachoeira do Bom Jesus possui uma vocação turística e residencial, sendo uma praia que apresenta uma faixa de areia extensa e águas calmas, sendo bastante procurada por famílias e turistas estrangeiros. Embora tenha infraestrutura de saneamento parcial, é cortada por diversos canais de drenagem e pequenos cursos d'água que deságuam diretamente no mar. Assim como sua vizinha Canasvieiras, há a presença de ocupações irregulares em áreas de manguezal e a drenagem urbana deficiente podem influenciar negativamente os indicadores de qualidade da água, sobretudo durante a alta temporada e em períodos de chuva. Os dados para a praia da Cachoeira do Bom Jesus (figura 9), apresentam tendência decrescente no TSS (-0,83 mg/L ao ano, $R^2 = 86\%$, $p = 0,05$).

Figura 9: Valores Médios de TSS Praia da Cachoeira do Bom Jesus

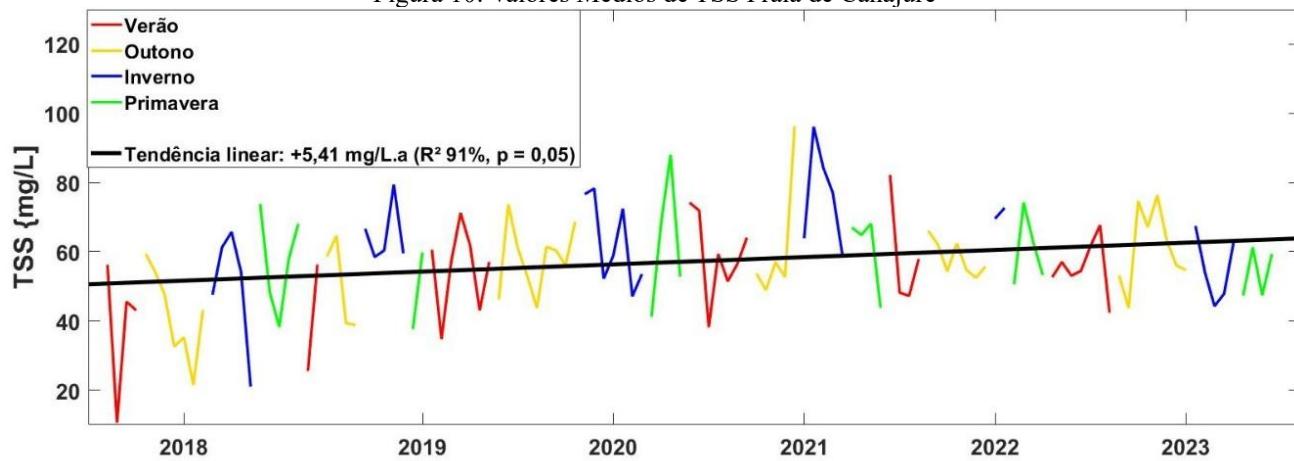


Fonte: autores

Localizada entre Jurerê e Canasvieiras, a praia de Canajurê é uma pequena enseada de transição, formada por um trecho de areia entre morros e costões. É uma praia de caráter residencial e pouco urbanizada, o que confere à paisagem um valor natural relevante.

No entanto, por estar próxima a áreas densamente povoadas, pode ser impactada por fluxos de escoamento superficial e afluência de canais pluviais oriundos de bairros adjacentes. Os dados para a praia de Canajurê (figura 10), apresentam tendência crescente no TSS (+5,41 mg/L ao ano, R² = 91%, p = 0,05).

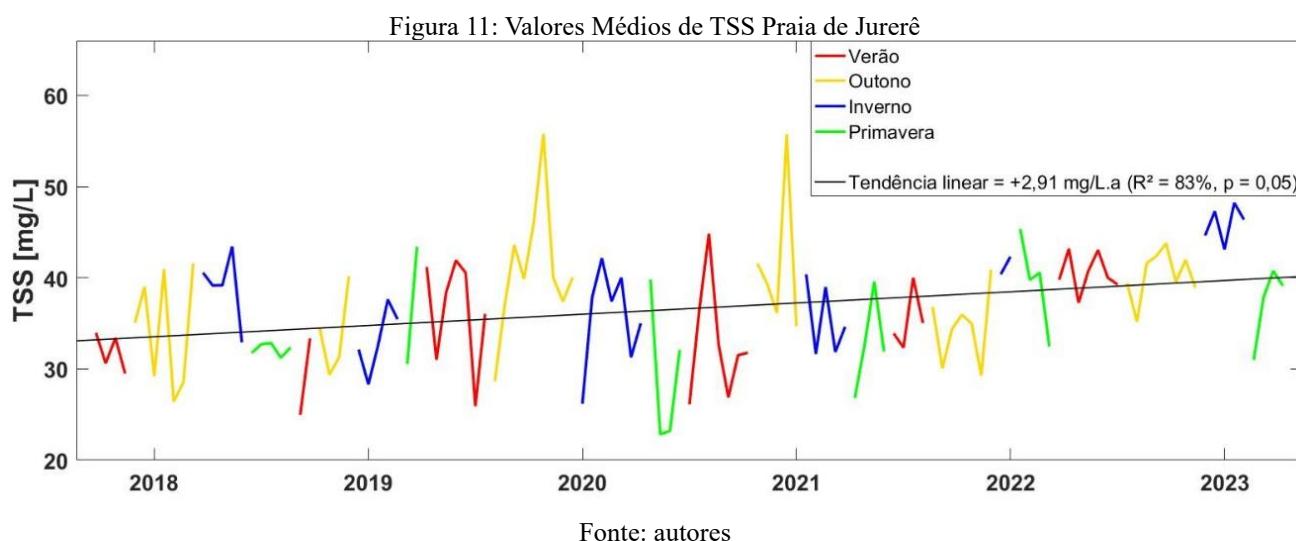
Figura 10: Valores Médios de TSS Praia de Canajurê



Fonte: autores

A praia de Jurerê é dividida entre Jurerê Tradicional e Jurerê Internacional, esta praia é conhecida por sua faixa de areia clara, águas calmas e infraestrutura urbana planejada. Jurerê Internacional, em especial, destaca-se pelo alto padrão construtivo, *beach clubs* e turismo de luxo. Apesar da urbanização intensa, o bairro apresenta relativa organização de saneamento, embora pontos

de drenagem e canais possam interferir na qualidade da água em períodos de chuva intensa. Os dados para a praia de Jurerê (figura 11), apresentam tendência crescente no TSS (+2, 91 mg/L ao ano, $R^2 = 83\%$, $p = 0,05$).

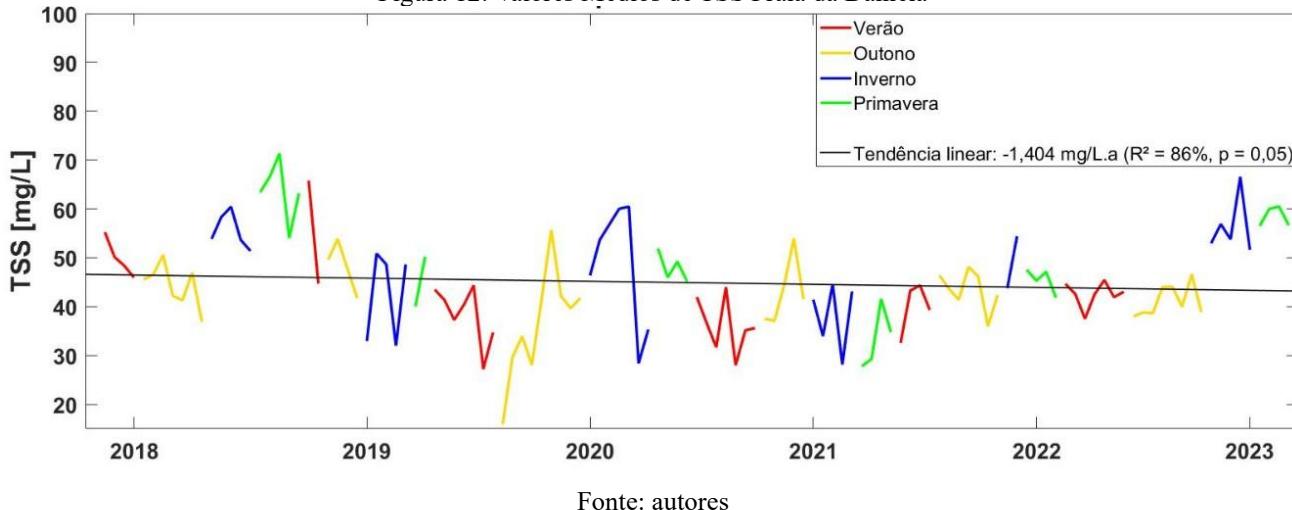


Fonte: autores

A praia da Daniela é conhecida por seu ambiente tranquilo, águas calmas e uma faixa de areia relativamente estreita. Sua orientação voltada para o interior da Baía Norte favorece condições hidrodinâmicas mais estáveis, com menor energia de ondas e reduzido transporte costeiro de sedimentos Silva (2000).

A ocupação urbana na porção da praia da Daniela é predominantemente residencial e de baixo adensamento, o que contribui para a conservação do entorno. No entanto, o bairro é cortado por sistemas de drenagem que deságuam diretamente na praia e, em períodos chuvosos, podem carregar material orgânico e sedimentos para o ambiente costeiro. Os dados para a praia da Daniela (figura 12), apresentam tendência decrescente no TSS (-1,404 mg/L ao ano, $R^2 = 86\%$, $p = 0,05$).

Figura 12: Valores Médios de TSS Praia da Daniela



Fonte: autores

A análise dos resultados expostos nos expõe uma tendência geral de piora na balneabilidade do norte da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, SC, com 7 das 10 praias analisadas apresentando uma tendência positiva para os valores de TSS (crescimento). Isso expõe o aumento da turbidez das águas dessa porção, bem como serve como um indicador do aumento de material em suspensão, em especial, efluentes domésticos oriundos das edificações que ocupam a orla desses locais. Isso corrobora os apontamentos expostos pelo IMA/SC, indicando uma piora significativa da balneabilidade local, em especial para as praias de Jurerê, Canavieiras e Ingleses, que compreendem as praias de maior movimentação turística e maiores populações fixas residentes.

5 CONCLUSÃO

Esses resultados reforçam a necessidade de estratégias de monitoramento contínuo, especializado e com suporte de ferramentas como sensoriamento remoto e geoprocessamento para contribuir como uma ferramenta de gestão hídrica assim como defendem Pereira-Sandoval et al. (2019).

A heterogeneidade espacial dos dados indica que medidas pontuais de amostragem, como as atualmente utilizadas por órgãos ambientais, não capturam adequadamente a complexidade da balneabilidade em ambientes litorâneos urbanos. O período de revisita do sensor orbital utilizado garante uma série de amostras que podem ser utilizadas para estudos mais aprofundados das condições de balneabilidade e de indicadores de qualidade da água, tais como o TSS.

Portanto, a metodologia apresentada neste estudo, serve de grande oportunidade para os órgãos ambientais municipais como ferramenta de monitoramento. Recomenda-se avaliar outros indicadores,

tais como concentração de clorofila e outros elementos físico-químicos passíveis de análise por imagens de satélite.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

REFERÊNCIAS

ATLAS DE FLORIANÓPOLIS, GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA. Disponível no repositório eletrônico: <https://parquemunicipalmacicodacosteira.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/05/atlas_ipuf.pdf>. Acessado em: 11/08/2025 às 11h07min.

FOLZKE, Cristiane Tarouco. Avaliação da balneabilidade de praias da Ilha de Santa Catarina. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis, 2008.

GONZAGA, Bento Almeida; SALES, Dinalva Aires de; ESPINOZA, Jean Marcel de Almeida. Estimativa de indicadores de balneabilidade para as praias de Ingleses e Santinho no norte da Ilha de Santa Catarina. Anais do Congresso Nacional de Meio Ambiente do Sul da Ilha, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 1–12, ago. 2023a.

GONZAGA, Bento Almeida; SALES, Dinalva Aires de; ESPINOZA, Jean Marcel de Almeida. Estimativa de indicadores de balneabilidade para as praias do centro-norte da ilha de Santa Catarina: uma forma de avaliar a qualidade da água. Anais do CNMA, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 1–14, ago. 2023b.

GONZAGA, Bento Almeida et al. Uso do Google Earth Engine para estimativa do índice de sólidos em suspensão (TSS): estudo de caso na praia de Canasvieiras – Florianópolis/SC. Anais do VIII Encontro Sul-Brasileiro de Geografia Física, Florianópolis, v. 8, n. 1, p. 1–10, jul. 2023c.

JENSEN, John R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. 2. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2011.

NASCIMENTO, Anderson Marques Araújo do et al. Limnologia aplicada à análise de água em duas nascentes do povoado Baixa da Areia, Alagoas. Revista Brasileira de Geografia Física, Recife, v. 12, n. 2, p. 574–591, fev. 2019.

OLIVEIRA, Tatiana Crystina Rocha de. Uso e qualidade das praias arenosas da ilha de Santa Catarina, SC, Brasil: bases para seu planejamento ambiental. Caderno de Geografia, Belo Horizonte, v. 26, n. 46, p. 77–95, jan. 2016.

PEIXOTO, Daniela Wancura Barbieri; GUASSELLI, Laurindo Antônio; PEREIRA FILHO, Waterloo. Estimativa de concentração de sedimentos em suspensão a partir de imagens Landsat 8 em PCHS no Rio Ivaí–RS. Geociências (UNESP), São Paulo, v. 37, n. 1, p. 147–154, jan. 2018.

PEREIRA-SANDOVAL, M. et al. Calibration and validation of algorithms for the estimation of chlorophyll-a concentration and Secchi depth in inland waters with Sentinel-2. Limnetica, Valênci, v. 38, n. 1, p. 471–487, jul. 2019.

SIQUEIRA, Marina Toneli; LUCAS, Aleph Tonera. Nem tudo o que reluz é ouro: Florianópolis e o urbanismo competitivo. Cadernos Metrópole, São Paulo, v. 25, n. 57, p. 419–442, ago. 2023.

SILVA, Valéria de Cássia. Estudo das condições de saneamento do Balneário de Canasvieiras visando ao gerenciamento ambiental. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis, 2000.

TURCATO, Gabriel Pergher. Índice de qualidade de praia aplicado à praia dos Ingleses/Florianópolis. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

ZHAO, Jing et al. Remote sensing evaluation of total suspended solids dynamic with Markov model: a case study of inland reservoir across administrative boundary in South China. Sensors, Basel, v. 20, n. 23, p. 1–20, nov. 2020.