

OBTENÇÃO DE ALTURAS DE MARÉ A PARTIR DE SÉRIES HISTÓRICAS DA REDE MAREGRÁFICA PERMANENTE PARA GEODÉSIA – RMPG

*OBTAINING TIDE HEIGHTS FROM HISTORICAL SERIES OF THE PERMANENT TIDE
NETWORK FOR GEODESY – RMPG*

Karina Sales da SILVA, Elmo Leonardo Xavier TANAJURA

Universidade Federal da Bahia. Departamento de Engenharia de Transporte e Geodésia. Rua Professor Aristides Novis, 2.
Federação. Salvador – BA. E-mail: contatokarinasales@gmail.com; elmotanajura@yahoo.com.br

Introdução
Rede Maregráfica Permanente para Geodésia - RMPG
Áreas de estudo
Materiais e métodos
Aquisição de Informações
Dados da Rede Maregráfica Permanente para Geodésia
Coleta *In Loco*: Caravelas – BA
Dados mareográficos: Belmonte – BA
Dados mareográficos: Ilha Fiscal – RJ
Avaliação dos dados hidrográficos
Processamento dos dados
Processamento do rastreamento e altitude dos vértices
Processamento dos dados de maré
Resultados e discussões
Caravelas – Bahia
Belmonte – Bahia
Ilha Fiscal – Rio de Janeiro
Considerações Finais
Agradecimentos
Referências

RESUMO - As mudanças climáticas, cada vez mais severas, vêm trazendo diversas consequências para o planeta, como o aumento do nível dos mares, em decorrência do aquecimento global. Diante disso, as cidades costeiras tornam-se mais vulneráveis às alterações climáticas e têm maior probabilidade de desaparecer. O presente estudo tem por objetivo propor uma metodologia para a obtenção de alturas de marés vinculadas ao Datum Vertical Brasileiro - DVB, utilizando as séries temporais das estações EMSAL, EMMARC, EMMAC e EMMIMB, oriundas da Rede Maregráfica Permanente para Geodésia (RMPG). Para confrontação dos resultados obtidos, utilizou-se registros coletados em campo na cidade de Caravelas/BA, séries temporais fornecidas pela empresa Veracel Celulose S.A, localizada na cidade de Belmonte/BA e dados diários médios do banco de dados da *University of Hawaii Sea Level Center* - UHSLC. Os resultados mostraram que as metodologias utilizadas em Caravelas e Belmonte apresentaram uma maior correlação em relação à Ilha Fiscal, onde o dado interpolado (DI) apresentou um bom desempenho nos dados da Ilha Fiscal, enquanto Caravelas e Belmonte, apresentaram melhores resultados com o dado previsto pelo PACMARÉ (PAC).

Palavras-Chaves: Rede Maregráfica Permanente para Geodésia. Alturas de maré. Análise harmônica. Datum vertical.

ABSTRACT - Increasingly severe, climate change, have had a number of consequences for the planet, such as rising sea levels as a result of global warming. In front of this, coastal cities are becoming more vulnerable to climate change and are more susceptible to disappearing. The aim of this study is to propose a methodology for obtaining tidal heights linked to the Brazilian Vertical Datum-DVB, using the time series of the EMSAL, EMMARC, EMMAC and EMMIMB stations from the Permanent Tide Gauging Network for Geodesy (RMPG). To compare the results obtained, we used records collected in the field in the city of Caravelas/BA, time series provided by the company Veracel Celulose S.A, located in the city of Belmonte/BA and average daily data from the *University of Hawaii Sea Level Center-UHSLC* database. The results showed that the methodologies used in Caravelas and Belmonte showed a greater correlation than in Ilha Fiscal, where the interpolated data (DI) performed well with the data from Ilha Fiscal, while Caravelas and Belmonte showed better results with the data predicted by PACMARÉ (PAC).

Keywords: Geodetic Permanent Tide Gauge Network. Tide height. Harmonic Analysis. Vertical Datum.

INTRODUÇÃO

O termo maré pode ser definido como uma oscilação vertical da superfície do mar sobre a Terra, em virtude da influência de forças astronômicas, ocasionada principalmente pelas diferenças na atração gravitacional da Lua e, em menor alcance, do Sol sobre os diversos pontos da Terra (Franco, 2009; Miguens, 1996).

A variação da maré é consequência, especialmente, da Lei da Gravitação de Newton, onde os corpos se atraem na razão direta de suas massas e na razão inversa do quadrado da distância que as separa (Miguens, 1996). A equação (1) descreve a lei da gravitação de Newton (Torge, 2001).

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (1)$$

Onde:

- F = módulo da força gravitacional
- G = Constante de gravitação universal ($6.673 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$)
- m_1 e m_2 = massas dos corpos
- r = distância entre os corpos celestes

A ligação entre o nível médio do mar (valor médio das alturas de maré obtidas em um determinado ponto geográfico e por um certo período) e o modelo físico da Terra é chamada de geóide, superfície equipotencial do campo de gravidade que mais se aproxima do nível médio dos mares, estendendo-se até os continentes e em uma determinada época (Torge, 2001; Gemael, 2012).

Essa superfície é de suma importância no estudo do nível médio do mar, e por conseguinte, dos referenciais verticais.

Os referenciais altimétricos são sistemas de controle de altitudes geodésicas (altitudes geométricas, fornecidas através de receptores GNSS), com relação ao geóide, cujo objetivo é fornecer o nível médio do mar, partindo de uma referência de altura zero (Torge, 2001).

A variação do nível médio dos mares pode ser medida por meio de estações maregráficas, que identificam possíveis oscilações na superfície dos mares devido a fatores como vento, correntes marinhas e marés (Harari, 2021).

Atualmente, o Brasil possui uma rede maregráfica composta por 6 estações controladas pelo IBGE e distribuídas por toda a costa brasileira, pertencentes à Rede Maregráfica Permanente para Geodésia-RMPG, detendo dois *data* verticais oficiais: Imbituba-SC e Santana – AP.

O Datum (Definido como o sistema ou superfície de referência onde as coordenadas geodésicas, altitudes e aceleração da gravidade estão associadas (IBGE, 2021)) de Imbituba foi definido mediante medições do nível do mar, entre os anos de 1949 e 1957, realizadas no Porto de Imbituba, Santa Catarina.

O Datum de Santana, devido à impossibilidade de transposição de altitudes com nivelamento geométrico na região do Rio Amazonas, foi estabelecido por meio de medições do nível médio do mar, entre 1957 e 1958, no Porto de Santana, no Amapá (IBGE, 2016, 2021).

Devido ao escasso número de marégrafos ao longo da costa brasileira, seja pela inviabilidade de implantação ou manutenção, torna-se um trabalho árduo estimar o nível médio do mar em

locais mais afastados das estações maregráficas, já que os mesmos fornecem apenas registros nos locais de instalação.

A inexistência de marégrafos fomenta a necessidade de se buscar caminhos para a obtenção de dados maregráficos – para análises do nível médio do mar.

Como alternativas, têm-se informações em banco de dados internacionais e nacionais, como, o Serviço Permanente para o Nível Médio do Mar (*Permanent Service for Mean Sea Level-PSMSL*), o Centro de estudos do Nível do Mar da Universidade do Havaí (*University of Hawaii Sea Level Center-UHSLC*) e a própria RMPG, além de outras técnicas, como, altimetria por satélites - ALTSAT (Dalazoana et al., 2005; Menezes et al., 2021; Reis et al., 2018).

O nível médio dos mares pode ser empregado como ferramenta de apoio em diversos campos, como Engenharia, Oceanografia e Geologia, além da aplicabilidade na segurança de atividades portuárias.

Todavia, segundo estudos mais recentes, como divulgado pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2021), as mudanças climáticas, o derretimento das geleiras (um dos efeitos das variações climáticas) e o desflorestamento contribuem para a elevação global do nível do mar, causando assim, severos impactos, tais como: erosão costeira, inundações, perda de parte de áreas urbanas de cidades litorâneas (a longo ou curto prazo), entre outras implicações.

Para este estudo, foram selecionadas 3 áreas de estudo, localizadas nos municípios de: Belmonte/BA, Caravelas/BA e Ilha Fiscal/RJ.

As cidades de Belmonte/BA e Caravelas/BA estão localizadas na região Sul da Bahia e estão banhadas pelo oceano atlântico, enquanto a Ilha Fiscal está situada no interior da baía de Guanabara, no Rio de Janeiro.

As estações maregráficas da RMPG utilizadas neste estudo estão localizadas nas regiões nordeste (Salvador), sudeste (Arraial do Cabo e Macaé) e sul do país (Imbituba), estabelecidas em ambientes com uma menor variação de maré, por exemplo, em portos, abrangendo comportamentos de marés com intensidades diferentes, com regimes de marés semidiurnas e semidiurnas com desigualdades diurnas (Coelho et al., 2015).

Estas estações foram escolhidas devido à proximidade das áreas de estudo, a fim de se buscar valores mais próximos dos reais.

Neste contexto, o atual estudo visa estimar as

alturas de maré nos municípios de Caravelas, Belmonte e Ilha Fiscal, utilizando registros maregráficos da Rede Maregráfica Permanente para

Geodésia-RMPG, das estações de Salvador, Arraial do Cabo, Macaé e Imbituba, para os períodos entre janeiro de 2002 a dezembro de 2022.

REDE MAREGRÁFICA PERMANENTE PARA GEODÉSIA – RMPG

A Rede Maregráfica Permanente para Geodésia - RMPG, é uma rede de monitoramento contínuo do nível do mar, contribuindo assim para a disseminação de dados maregráficos de forma pública, representando um conjunto de estações maregráficas cujo principal objetivo é monitorar a relação entre o Datum Vertical Brasileiro – DVB (Atualmente o Datum de Imbituba é o Datum vertical mais utilizado) e outros níveis de referência (IBGE, 2021). A

figura 1 mostra a distribuição das estações maregráficas da Rede Maregráfica Permanente para Geodésia no território brasileiro.

Foi concebida no ano de 1996, com apoio da UFRJ e UFPR, e possui atualmente 6 estações maregráficas ativas: EMMIMB – Imbituba (SC), EMSAL – Salvador (BA), EMMARC – Arraial do Cabo (RJ), EMFOR – Fortaleza (CE), EMMBEL – Belém (PA) e EMMSAN – Santana (AP) (IBGE, 2021).

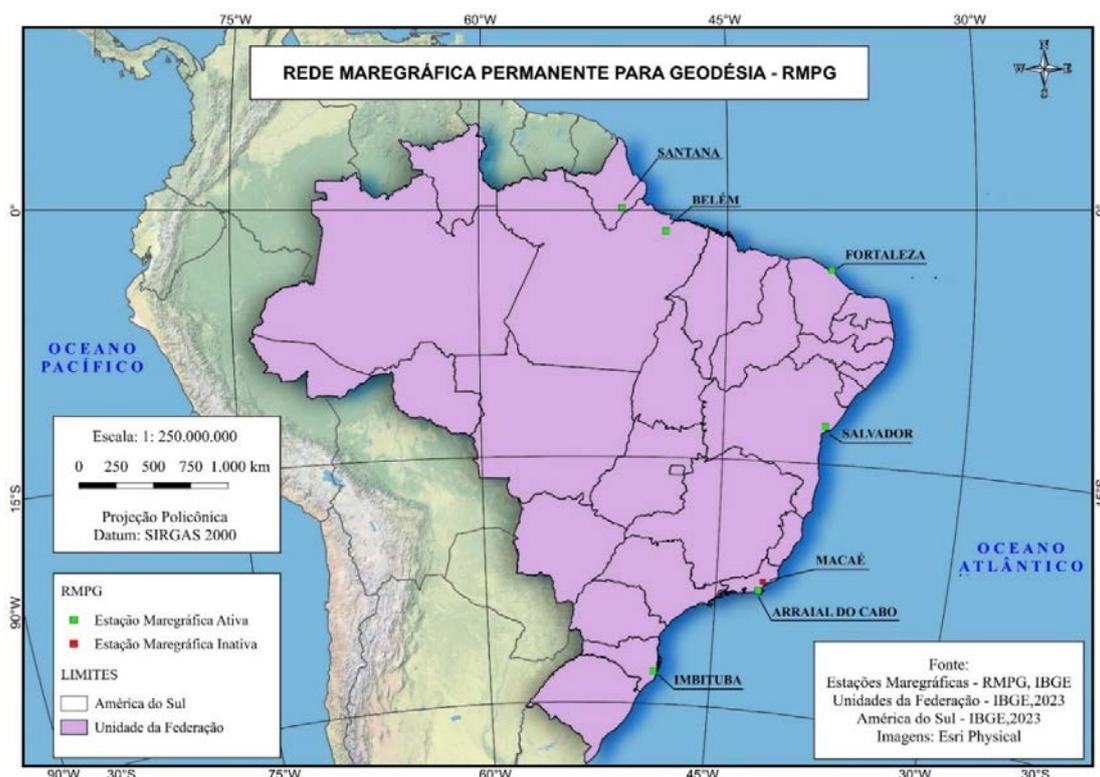


Figura 1 – Mapa da distribuição das estações maregráficas da RMPG no Brasil.

A primeira estação a ser implantada foi a de Imbituba, em 1998, obtendo registros de sensores analógicos, que posteriormente, em 2001, passa a operar com sensores digitais, assim como a estação maregráfica de Macaé (desativada em 2015).

De 2001 a 2008, as demais estações (Salvador, Fortaleza e Santana) foram implementadas, possuindo maregrafos do tipo analógico e digital, colaborando assim para a ampliação da RMPG ao longo do país (IBGE, 2013).

A partir de 2016, a RMPG passa por diversas modificações, sendo elas ligadas a modernização de equipamentos, maior exigência no controle geodésico, além da ampliação da rede, em duas estações maregráficas com sensores digitais, nas

idades de Arraial do Cabo (RJ) e Belém (PA), respectivamente, nos anos de 2017 e 2019 (IBGE, 2021).

Atualmente, as estações maregráficas contam com sensores de nível digital (Radar e Encoder) e analógico (somente em Imbituba), régua linimétrica padrão RMPG, painéis solares, sistema de telemetria (antena GOES, antena GSM/GPRS) e sensores meteorológicos (temperatura e umidade externo e interno, pluviômetro, barômetro e anemômetro) (IBGE, 2021).

O IBGE também é integrante do programa GLOSS – Brasil (*Global Sea Level Observing System*), sub-programa do GOOS-Brasil (*Global Observing Ocean System*). Uma rede de

instituições opera marégrafos e cooperam na disseminação dos dados às instituições internacionais e à comunidade, sendo essas instituições

reconhecidas pela Comissão Oceanográfica Intergovernamental (*Intergovernmental Oceanographic Commission – IOC*) da Unesco (IBGE, 2021).

ÁREAS DE ESTUDO

As áreas de estudo compreendem dois municípios situados na região sul da Bahia e um município localizado na região sudeste, sendo elas a cidade de Belmonte, a cidade de Caravelas e o município do Rio de Janeiro.

Os municípios citados possuem população e extensão territorial de aproximadamente: 20.121 hab e 1.939,447 km² (Belmonte/BA), 20.580 hab e 2.337,889 km² (Caravelas/BA), 6.211.223 hab, km² e 1.200,330 km² (Rio de Janeiro), segundo dados do Censo 2022 (IBGE, 2023).

A figura 2 ilustra as áreas de estudo, onde os pontos em amarelo indicam a localização das

estações maregráficas estabelecidas para aquisição dos dados.

As estações maregráficas de Belmonte e Caravelas estão inseridas em planícies costeiras, estando o município de Belmonte situado na planície costeira de Belmonte, associada à desembocadura do rio Jequitinhonha, situada na bacia sedimentar do Jequitinhonha (Do Nascimento et al., 2007), e a cidade de Caravelas está situada na Planície Costeira de Caravelas (Souza & Vale, 2016).

A Ilha Fiscal está localizada no estuário da Baía de Guanabara.

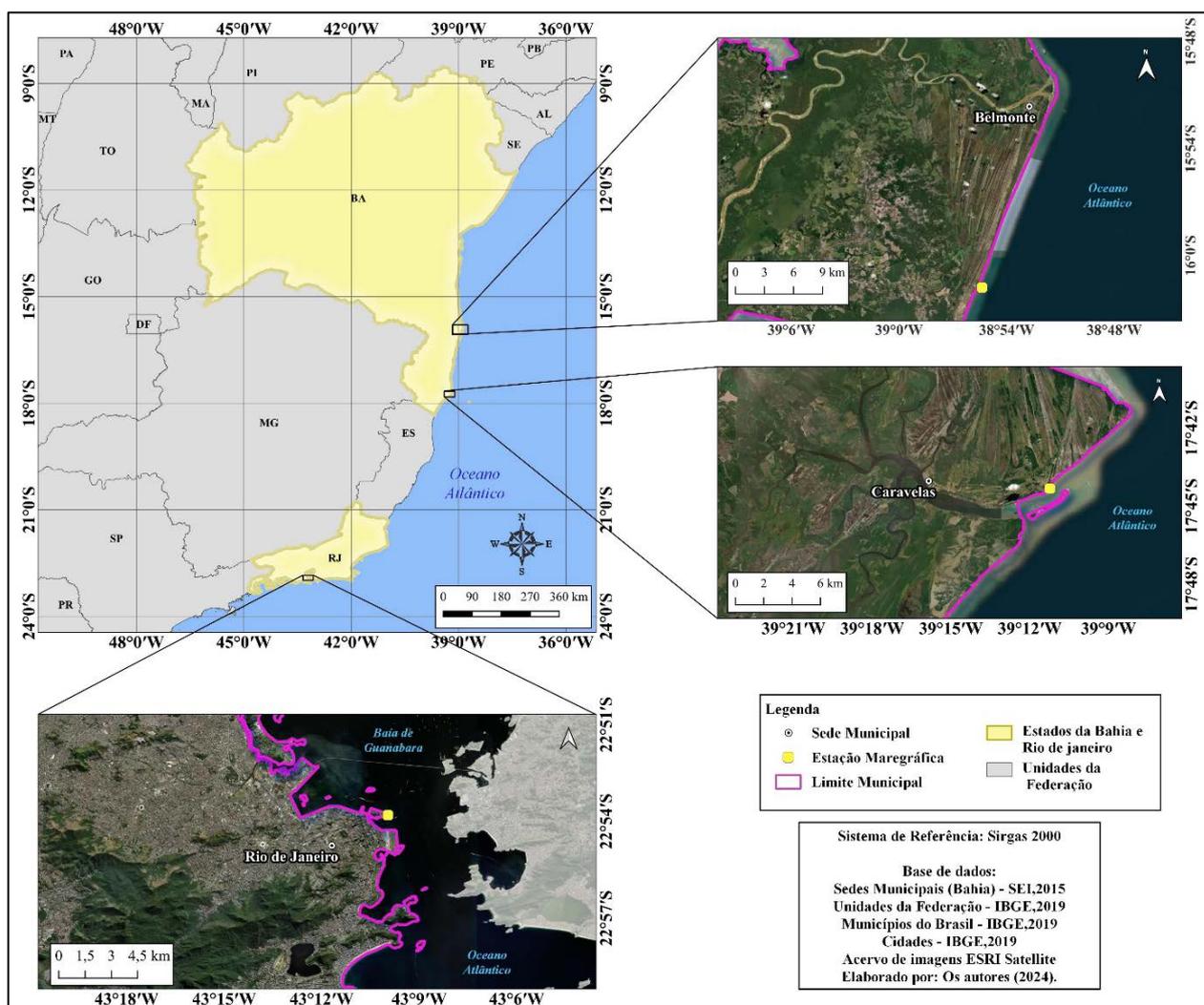


Figura 2 – Mapa com localização das áreas de estudo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Aquisição de informações hidrográficas

Para a aquisição dos dados hidrográficos, utilizou-se os seguintes métodos: obtenção de observações maregráficas mediante a coleta de

dados em campo e por meio da disponibilização de dados oriundos de instituições públicas e privadas. A figura 3 apresenta o fluxograma das etapas realizadas neste estudo.

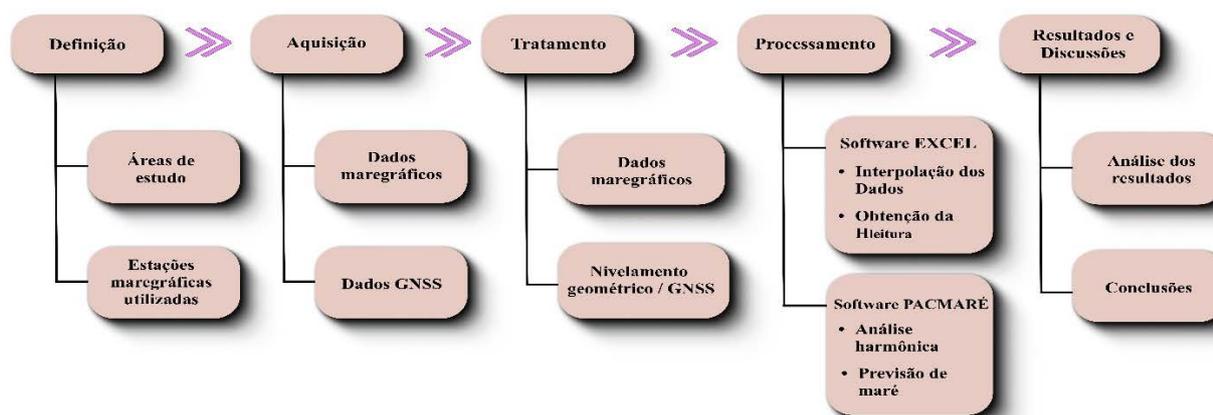


Figura 3 - Fluxograma das atividades realizadas.

Dados da Rede Maregráfica Permanente para Geodésia

Realizou-se o download dos dados maregráficos no sítio da RMPG, das estações maregráficas de Arraial do Cabo (EMMARC), Salvador (EMSAL), Macaé (EMMAC) e Imbituba (EMMIMB) para obtenção dos dados PAC (nova série gerada por meio do PACMARÉ, a partir de interpolação linear de duas séries temporais, por meio da equação 2) e dados DI (nova série gerada a partir de interpolação linear de duas séries temporais, por meio da equação 2). As observações foram adquiridas a partir dos dados do sensor radar.

A equação (2) ilustra a expressão utilizada para obtenção dos valores interpolados de maré, onde a latitude (x) é expressa em graus decimais e o dado mareográfico (y) em metros (m):

$$= y_1 + (y_2 - y_1) * \left(\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \right) \quad (2)$$

Onde:

- (x, y) = Latitude e observação interpolada da área de estudo
- (x_1, y_1) = Latitude e dado mareográfico da estação maregráfica ao sul da área de estudo
- (x_2, y_2) = Latitude e dado mareográfico da estação maregráfica ao norte da área de estudo.

Os dados previstos (PAC), gerados por meio do PACMARÉ, foram obtidos a partir da interpolação dos dados disponibilizados após processamento e tratamento pela RMPG, com intervalo de 1 hora entre as leituras.

Para atender às áreas de estudo de Belmonte e Caravelas, utilizou-se dados das estações EMSAL e EMMARC, no período entre 01/01/2018 a 31/12/2022, totalizando cinco anos de leituras. Esses dados foram utilizados na etapa “Processamento dos dados de maré”, para a realização da

previsão de maré e obtenção de novas séries, obtidas em Belmonte e Caravelas. Para a Ilha Fiscal, foi utilizado o período entre 01/01/2015 a 01/04/2015 (quatro meses de leituras), utilizando dados das estações EMMAC e EMMIMB.

Assim como o anterior, esses dados também foram utilizados na etapa “Processamento dos dados de maré”, porém, para a realização da retrovisão de maré, obtenção assim, uma nova série em consonância com a data e hora da série descrita no item “Dados maregráficos: Ilha Fiscal – RJ”.

Para obtenção dos dados DI, usou-se os dados brutos fornecidos pela RMPG, com intervalo de um minuto entre as leituras, para compatibilizar com o período e horário das observações das áreas de estudo utilizadas para confrontação das alturas de maré geradas por dados PAC e DI.

Em seguida, realizou-se uma análise dos dados, por meio do editor de planilhas Microsoft Excel, na versão 2013, para verificar a existência de informações inconsistentes, que intervenham na análise dos dados.

Posteriormente, foram feitas as vinculações dos registros ao Datum Vertical Brasileiro – DVB. A compatibilização foi realizada conforme instruções contidas nas fichas de correlação de nível de referência de cada estação maregráfica, disponíveis no portal do IBGE, na página da RMPG (IBGE, 2021).

É possível notar a presença de valores positivos e negativos após a vinculação dos registros ao Datum de Imbituba (para os dados de Belmonte), dessa forma, os mesmos podem estar acima ou abaixo da referência utilizada.

Em posse da latitude das estações maregráficas e das áreas de estudo, foram realizadas interpolações lineares entre duas estações maregráficas que abrangem as áreas de estudo para obtenção dos valores interpolados de maré das áreas propostas, conforme ilustrado na tabela 1.

Tabela 1 - Dados para Interpolação das estações maregráficas dispostas entre as áreas de estudo

Estações utilizadas na interpolação linear	Área de estudo	Dados interpolados para inserção no PACMARÉ	Quantidade	Dados Interpolados da RMPG	Quantidade
Salvador (EMSAL) e Arraial do Cabo (EMMARC)	Belmonte – BA	PAC_BEL	43.824	DI_BEL	50.858
Salvador (EMSAL) e Arraial do Cabo (EMMARC)	Caravelas – BA	PAC_CAR	43.824	DI_CAR	19
Imbituba (EMMIMB) e Macaé (EMMAC)	Ilha Fiscal - RJ	PAC_IF	2880	DI_IF	69.902

Após a realização da interpolação linear, os dados interpolados PAC_BEL, PAC_CAR e PAC_IF foram transferidos para um arquivo (.txt), para inserção dos registros no PACMARÉ e posterior realização das análises harmônicas e previsão/retrovisão de maré.

Coleta In Loco: Caravelas-BA

Para a coleta dos dados hidrográficos em campo, foi escolhido um local com a menor variação da maré, sob a justificativa de obter a menor inter-

ferência possível. Diante disso, optou-se pelo Píer Municipal da Barra de Caravelas, no município de Caravelas – BA, para implantação da estação de observações maregráficas (EOM).

A figura 4 ilustra a área de estudo. As estruturas existentes contribuíram para o processo de implantação e aquisição dos dados de maré. Dois vértices geodésicos foram implantados na área de estudos, no período da maré baixa (figuras 4b e 4c).

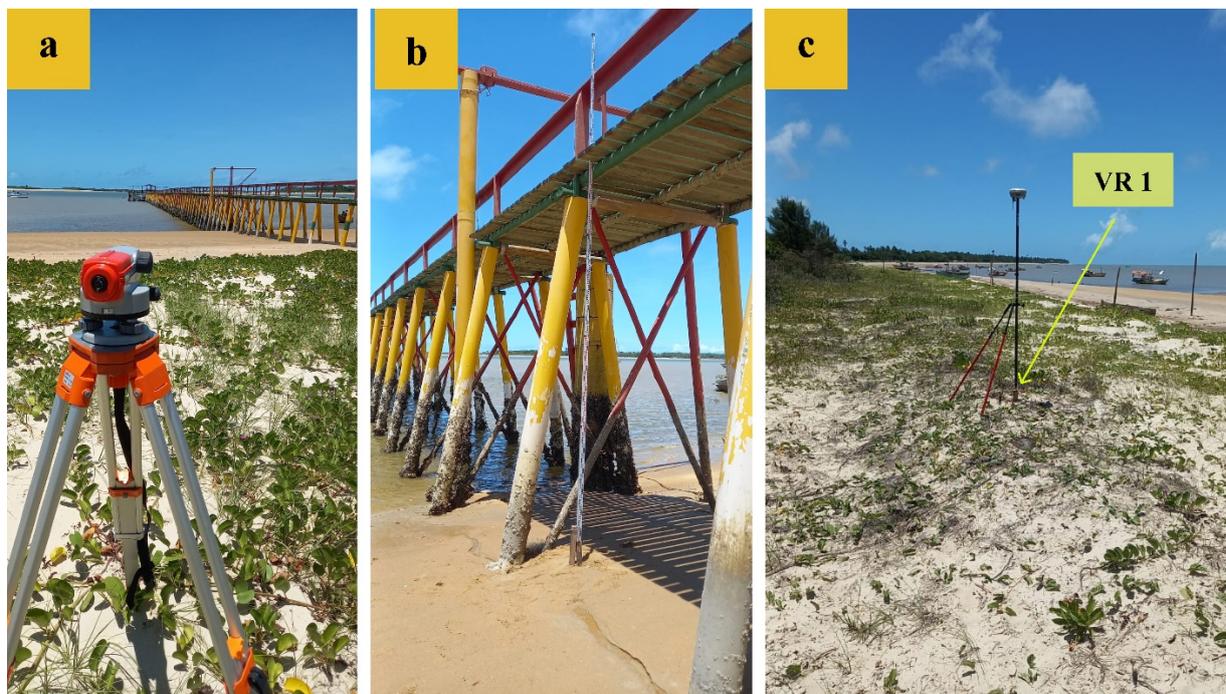


Figura 4 - Coleta dos registros maregráficos em Caravelas/BA: (a) Nível óptico (b) Estação de Observação de Caravelas (EOM) (c) Rastreo GNSS.

Implantou-se o vértice de referência VR1 (Latitude: 17°44'16,39801" S e Longitude: 39°11'14,60373" W), utilizado como referência de nível para o nivelamento geométrico e o vértice de suporte da mira para as observações: a estação maregráfica de Caravelas (EMCAR). Ambos foram materializados com piquetes de madeira (5 cm x 5 cm x 60 cm).

O nivelamento geométrico foi realizado utilizando um nível óptico, visando o vértice de referência (VR1) em campo e a EOM, sendo realizadas leituras de ré e vante para a deter-

minação das altitudes geométricas das mesmas. Salienta-se que o nível óptico permaneceu na mesma estação (posição) para acompanhamento de eventuais movimentações verticais da EOM ao longo do período de coleta.

Após a leitura em ré do vértice VR1, o mesmo foi ocupado por um receptor GNSS (*Global Navigation Satellite System*) que permaneceu por todo o período de aquisição dos dados. Para aquisição dos registros maregráficos, utilizou-se uma mira de cinco metros presa sobre um piquete fincado na areia.

Dois câmeras (Sony Handycam 9.2 e Canon EOS Rebel T100) foram empregadas para o registro fotográfico das observações, sendo que, para cada leitura, foram tiradas três fotografias. As leituras foram realizadas em intervalos de 15 minutos, onde para cada observação foram registradas no mínimo três fotografias (19 leituras após a análise dos dados fotográficos). Iniciou-se o levantamento dos dados *in loco* às 13 h 15 min, finalizando às 17 h 45 min, totalizando 4h 30 min de coleta dos dados. A coleta dos dados foi realizada no dia 26/02/2024. Utilizou-se a média das leituras coletadas em campo.

Dados maregráficos: Belmonte – BA

A série histórica (dados maregráficos obtidos em um determinado período) de Belmonte foi gentilmente cedida pela empresa Veracel Celulose, estando o marégrafo localizado no Terminal Marítimo de Belmonte – TMB, no

município de Belmonte – Bahia. Utilizou-se o período entre 01/01/2022 a 30/04/2024 para este estudo.

A referência de nível RN 5, localizada próximo ao marégrafo, foi empregada para vincular os dados maregráficos ao Datum Vertical Brasileiro – DVB.

Primeiramente, analisou-se os dados, no intuito de verificar possíveis inconsistências que venham a intervir nos resultados. Os dados estão inicialmente referenciados ao NR, distribuídos em dados positivos e negativos. Aplicou-se então a equação (3), para encontrar as leituras vinculadas ao Datum de Imbituba (Hleitura), onde H_{RN5} corresponde ao valor da altitude normal da RN 5, C é o desnível entre a RN 5 e o nível de referência (NR) e a leitura (marégrafo) corresponde à altura da maré registrada pelo marégrafo. Todas as constantes estão em metros.

$$H_{Leitura} = H_{RN5} - C - Leitura_{(marégrafo)} \tag{3}$$

A tabela 2 apresenta os dados utilizados para este estudo, referentes à estação maregráfica de Belmonte, e a figura 5 representa o diagrama descritivo dos parâmetros utilizados na equação (03). Foram utilizados intervalos de 15 minutos entre as leituras (referentes a Hleitura - oriunda da série histórica de Belmonte, disponibilizada

pela Veracel). Escolheu-se esse intervalo entre leituras para compatibilizar data e horário das observações Hleitura (fornecidas pela Veracel) e as obtidas na RMPG (estações EMSAL e EMMARC), devido a inexistência de leituras em alguns períodos, registradas pelas estações maregráficas da RMPG.

Tabela 2 - Dados da estação maregráfica de Belmonte

Estação Maregráfica	Área de estudo	Quantidade de observações	Período	Intervalo entre as leituras
Belmonte - Veracel	Belmonte – BA	50.858	01/01/2022 a 30/04/2024	15 minutos

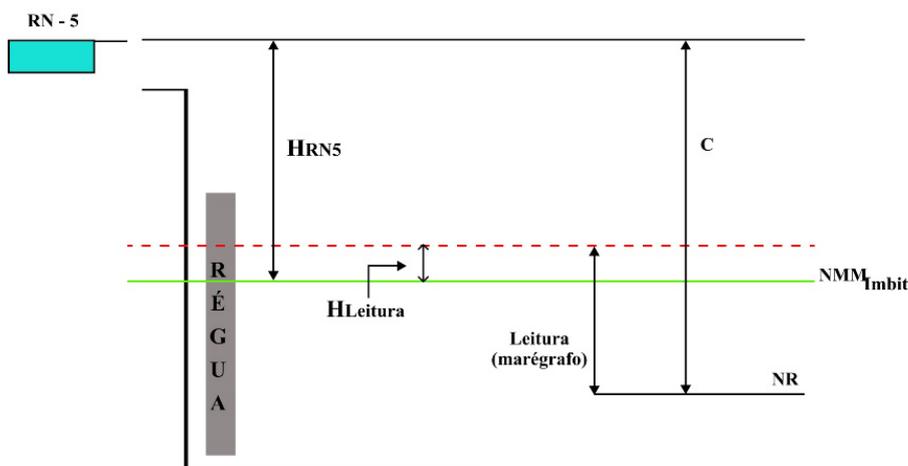


Figura 5 - Diagrama descritivo de uma leitura no marégrafo de Belmonte.

Dados maregráficos: Ilha Fiscal – RJ

A estação maregráfica de Ilha Fiscal é administrada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil, e está em operação desde 1963 (Dalazoana et al., 2005).

Por meio do banco de dados do UHSLC - *University of Hawaii Sea Level Center*, é possível acessar dados horários e diários do período entre 1963 e 2013 através do seguinte sítio eletrônico: <<https://uhslc.soest.hawaii.edu/>>.

Existem diversos métodos para acessar os registros maregráficos do UHSLC, sendo eles o *The legacy data table*, *OpenDAP*, *ERDDAP*, *GESLA Version 3.0* e acesso via FTP anônimo.

O UHSLC também dispõe de dois níveis de qualidade para a entrega dos dados, sendo o nível mais rigoroso o de maior atraso na disponibilização do dado. Os níveis são classificados como *Fast Delivery* (divulgados 1 a 2 meses após a coleta dos dados e recebem apenas controle de qualidade básico) e *Research Quality* (entregues após 1 a 2 anos e recebem um controle de qualidade completo, representando um conjunto final de dados), além de diversos formatos de saída.

Para este trabalho, utilizou-se os dados horários (dispostos em intervalos de 1 hora) disponíveis em *Research Quality*, para o período entre 01/01/2002 a 31/12/2013, totalizando 69.902 registros. Após a aquisição dos dados pelo banco de dados da UHSLC, esses registros foram transformados de milímetros para metros (m) e, em seguida, aplicou-se, neste estudo, a equação (4), para vinculação ao DVB, sob os dados métricos.

As equações (4) e (5) podem ser utilizadas para obtenção das leituras vinculadas ao Datum de Imbituba. Para este cálculo, foram considerados valores não nulos de leituras.

$$H_{\text{leitura}} = HRn_{\text{IBGE}} + \text{leitura} - C_1 \quad (4)$$

$$H_{\text{leitura}} = HRn_{\text{DHN}} + \text{leitura} - C_2 \quad (5)$$

Para confecção do diagrama apresentado na figura 6, utilizou-se o descritivo da estação maregráfica da Ilha Fiscal (F-41-Versão 1/2010), disponibilizada pelo DHN, e o dia-

grama disponibilizado no banco de dados do *Permanent Service for Mean Sea Level* (PSMSL) através do seguinte endereço eletrônico: <<https://psmsl.org/data/>>.

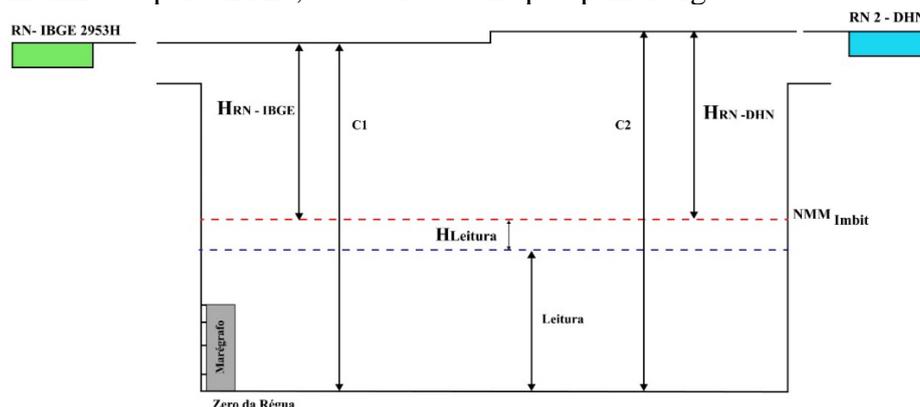


Figura 6 - Diagrama descritivo da Ilha Fiscal.

Avaliação dos dados hidrográficos

Para a avaliação dos dados hidrográficos foram realizadas análises estatísticas, como: Desvio Padrão, RMSE (raiz do erro quadrático médio) e o Coeficiente de Correlação de Pearson. O Desvio Padrão é a medida estatística que mede o grau de dispersão de um conjunto de dados em relação ao valor médio. A equação (6) segundo representa o desvio padrão, onde x_i representa o valor do dado individual do conjunto de dados, μ é a média da série de dados e n é o número de amostras.

$$Dp = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \mu)^2}{n}} \quad (6)$$

A raiz do erro quadrático médio (Root Mean Square Error ou RMSE) é uma métrica estatística utilizada para avaliação de modelos previstos

utilizando como parâmetros os valores reais. A equação (7) representa o RMSE, onde x_i representa o valor observado e p_i o valor previsto/interpolado e n é o número de amostras.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - p_i)^2}{n}} \quad (7)$$

O coeficiente de correlação de Pearson, indicado na equação (8), é uma métrica estatística que avalia a correlação entre duas variáveis, medindo a intensidade e direção entre as relações lineares. Quanto mais próximo dos extremos (-1 e +1), mais forte será a correlação entre elas.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2][\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2]}} \quad (8)$$

PROCESSAMENTO DOS DADOS

Processamento do rastreo e altitude dos vértices

Os vértices VR1 e RN 5, rastreados pelo método relativo estático, foram processados em *software* GNSS, utilizando-se o modelo para conversão de altitudes HgeoHNor2020 (IBGE, 2021) para obtenção das altitudes normais, utilizadas no processo de compatibilização das alturas de maré.

Processamento dos dados de maré

O processamento dos dados de maré da RMPG PAC_CAR, PAC_BEL e PAC_IF foi realizado com o *software* PACMARÉ versão 2009 (Franco, 2009), que é um pacote de programas cujo objetivo é realizar análises e previsões de marés e correntes de marés. Foi desenvolvido pelo Almirante Alberto dos Santos Franco em 1988 e é fundamentado na técnica de decomposição de uma grandeza periódica não-sinusoidal baseada na análise de Fourier. A análise harmônica é realizada no domínio da frequência. O PACMARÉ realiza análises e previsões harmônicas de marés e correntes de marés, além do cálculo do nível médio do mar (Franco, 2009; Ribeiro, 2008).

Após a formatação e inserção dos dados maregráficos em arquivo (.txt), realizou-se a

análise harmônica por meio dos programas ANALEXEC (PAC_CAR e PAC_IF) e LONGSERIE (PAC_BEL). O programa LONGSERIE realiza a análise harmônica de longas séries, acima de 16.384 dados, ou múltiplas de 2^{14} horas, enquanto o módulo ANHAMA (pertencente ao programa ANALEXEC) permite a análise de até 49.152 dados (Franco, 2009).

Adotou-se, a probabilidade para rejeição de pequenas componentes em 95% para o módulo ANHAMA e 99% para o módulo LONGSERIE. Para realizar a previsão de maré (PAC_CAR e PAC_BEL) e retrovisão de maré (PAC_IF), usou-se o programa PREVISÃO, após a obtenção das constituintes harmônicas. Este módulo permite a obtenção da previsão de alturas horárias de maré e corrente de marés, das alturas de preamares e baixa-mares, além de possibilitar a visualização gráfica da previsão de um dia.

O programa PREVISÃO efetua correções nodais em caso de utilização de séries menores que 18,69 anos, correspondentes a precessão da órbita lunar, cujo objetivo é remover as influências de ciclos de longo período das componentes principais e obter constituintes mais precisas (Melo Neto, 2021; Coelho & Gireli, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Embora os dados apresentem valores que tendem a validar as metodologias, estatisticamente, é importante salientar que uma comparação entre séries de dados (*in loco* e série histórica) cuja coleta e tratamento dos dados decorre de formas distintas, envolve diferentes contextos. O mesmo ocorre para a obtenção de dados em ambientes com diversos comportamentos de maré.

Ressalta-se que, embora haja aspectos e características intrínsecas em cada ambiente marinho, a ideia deste estudo é obter o máximo de correlação entre esses dados, visando alcançar menor margem de erros e maior homogeneidade dos dados, para uma maior confiabilidade dos resultados.

Caravelas – Bahia

A tabela 3 apresenta o desvio padrão médio e o RMSE dos conjuntos de dados (A) e (B). Em seguida, tem-se a tabela 4, onde estão dispostos

os coeficientes de Correlação de Pearson dos dados (A) e (B).

Na tabela 3, é possível notar que os desvios-padrão médios de (A) e (B) apresentam valores próximos entre si e também do zero, apontando assim que há um baixo grau de dispersão dos dados em relação à média.

Confrontando-se os dados PAC_CAR e DI_CAR com as observações em campo, verifica-se que o dado em A (PAC_CAR) é mais homogêneo com relação à B (DI_CAR).

Os valores RMSE em (A) e em (B) apresentam valores próximos entre si (diferença de 0,011 m) e próximos de zero, sugerindo que tanto o modelo de previsão PAC_CAR (A) como o modelo interpolado DI_CAR (B) se mostram próximos dos valores reais obtidos *in loco*, contudo, o conjunto de dados em B (DI_CAR) apresenta um melhor desempenho.

Tabela 3 - Desvio Padrão e RMSE dos dados (A) e (B)

Área de Estudo	Dados	Desvio Padrão médio	RMSE
Caravelas	Observações em campo Caravelas x Dados PAC_CAR (A)	0,163 m	0,274 m
	Observações em campo Caravelas x Dados DI_CAR (B)	0,172 m	0,263 m

Tabela 4 - Correlações entre dados (A) e (B)

Área de Estudo	Dados	Coefficiente de Correlação de Pearson
Caravelas	Observações em campo x Dados PAC_CAR (A)	0,997
	Observações em campo x Dados DI_CAR (B)	0,996

Em relação à tabela 4, tanto os valores (A) como (B) apresentam uma correlação muito forte, segundo Shimakura (2006), porém, o conjunto de dados A (PAC_CAR) apresenta uma maior correlação, com pouca diferença, em comparação à B (DI_CAR).

A figura 7 ilustra o comportamento dos dados A, B e dos dados brutos, coletados em campo. Observa-se que os dados em A e B se mostram muito próximos, com relação aos dados coletados *in loco*, mostrando assim que existe uma correlação entre esses dados também.

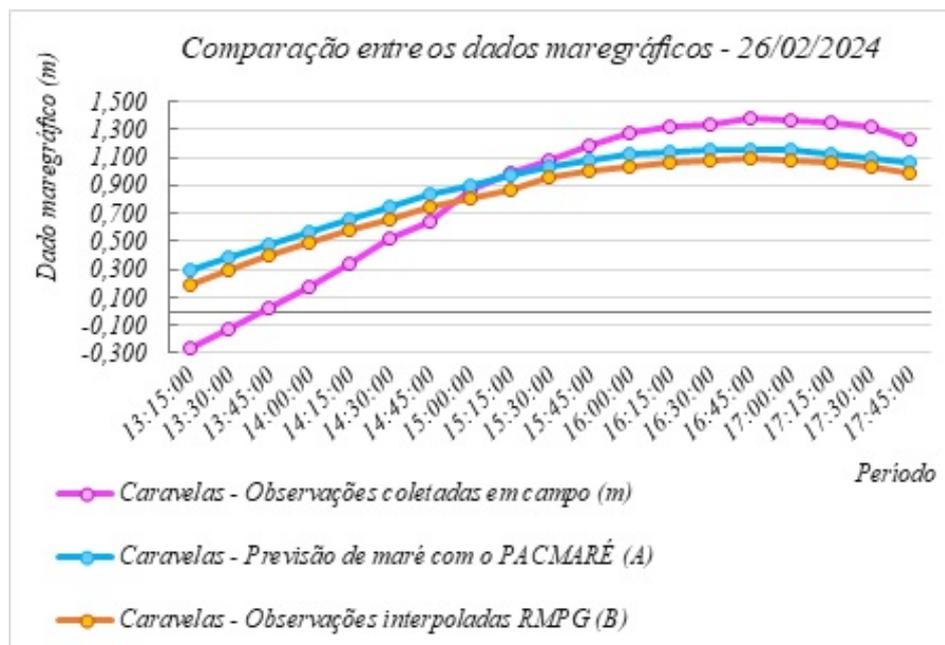


Figura 7 - Comparação entre os dados mareográficos A, B e os dados obtidos em campo em Caravelas.

Belmonte – Bahia

A tabela 5 ilustra a quantidade de dados faltantes e zerados após o tratamento e processamento dos dados de Belmonte. Foram observados 281 dias não seguidos de leituras incompletas, 2.902 leituras faltantes, e 359 valores zerados ao total, onde PAC_BEL apresentou 325 dados

zerados e DI_BEL apresentou 34 dados zerados.

A ausência dos dados observados na tabela 5 pode indicar a influência dos mesmos na qualidade e análise dos resultados. Enfatiza-se que a série bruta (Dados disponibilizados pela Veracel Celulose) não possui leituras iguais a zero.

Tabela 5 - Dados incompletos, faltantes e zerados - Belmonte

Área de estudo	Dias com leituras incompletas	Quantidade de leituras faltantes	Dado não encontrado - Valor zerado		
			Dado bruto	PAC_BEL	DI_BEL
Belmonte	281	2.902	0	325	34

A tabela 6 apresenta o desvio padrão médio e o RMSE dos conjuntos de dados (C) e (D). Em seguida, tem-se a tabela 7, onde estão dispostos os coeficientes de Correlação de Pearson dos dados (C) e (D).

Na tabela 6, observa-se que os desvios-padrão médios de (C) e (D) apresentam valores pró-

ximos entre si e também são próximos de zero, indicando assim que há um baixo grau de dispersão dos dados em relação à média. Nota-se que, ao comparar os dados PAC_BEL e DI_BEL com os dados fornecidos pela Veracel, observa-se maior homogeneidade em D (DI_BEL) com relação à C (PAC_BEL).

Tabela 6 - Desvio padrão e RMSE dados (C) e (D)

Área de Estudo	Dados	Desvio Padrão médio	RMSE
Belmonte	Observações - dados Veracel x Dados PAC_BEL (C)	0,099 m	0,167 m
	Observações - dados Veracel x Dados DI_BEL (D)	0,097 m	0,169 m

Tabela 7 - Correlações entre dados (C) e (D)

Área de Estudo	Dados	Coefficiente de Correlação de Pearson
Belmonte	Observações - dados Veracel x Dados PAC_BEL (C)	0,98
	Observações - dados Veracel x Dados DI_BEL (D)	0,97

Na tabela 6, observa-se que os desvios-padrão médios de (C) e (D) apresentam valores próximos entre si e também são próximos de zero, indicando que há um baixo grau de dispersão dos dados em relação à média. Nota-se que, ao comparar os dados PAC_BEL e DI_BEL com os dados fornecidos pela Veracel, observa-se maior homogeneidade em D (DI_BEL) com relação à C (PAC_BEL).

Verifica-se haver uma menor variabilidade nos dados da tabela 6 quando comparado à tabela 3, ou seja, os dados de Belmonte estão menos dispersos e mais homogêneos. A tabela 8 mostra o quadro comparativo entre os dados de desvio-padrão dos dados PAC e DI, das estações em Caravelas e Belmonte. Verifica-se uma diferença entre os dados PAC e DI de 11 mm.

Tabela 8 - Comparativo entre as tabelas 3 e 6.

Área de Estudo	Dados	Desvio Padrão médio	
		Dados PAC	Dados DI
Caravelas	Observações em campo Caravelas x Dados PAC_CAR (A)	0,163 m	
	Observações em campo Caravelas x Dados DI_CAR (B)		0,172 m
Belmonte	Observações - dados Veracel x Dados PAC_BEL (C)	0,099 m	
	Observações - dados Veracel x Dados DI_BEL (D)		0,097 m
Diferença		0,064 m	0,075 m

Os valores RMSE em (C) e em (D) se apresentam próximos entre si (diferença de 0,002 m) e próximos de zero, sugerindo assim que tanto o modelo de previsão PAC_BEL (C) quanto o modelo interpolado DI_BEL (D) estão muito próximos dos valores reais, embora o conjunto de dados em C (PAC_BEL) apresente um melhor comportamento.

Comparando os valores do Desvio-padrão e RMSE das tabelas 3 e 6, percebe-se que, embora a tabela 3 apresente bons resultados, a quantidade de leituras de maré foi menor, quando comparada à série de Belmonte.

Sugere-se que a extensão da série possa influenciar no resultado. Em relação à tabela 7, tanto os valores (C) como (D) apresentam uma

correlação muito forte, (Cohen, 1988; Dancey & Reidy, 2006; Figueiredo Filho & Silva Junior, 2009; Shimakura, 2006), onde a maior correlação foi percebida em C (PAC_BEL). Assim como a tabela 4, a tabela 7 também apresenta uma correlação muito forte, evidenciando assim que o tamanho da série não é fator condicionante para promover uma correlação muito forte.

A figura 8 representa o comportamento dos dados C, D e dos dados brutos, fornecidos pela empresa Veracel Celulose. Os dados C e D obtidos matematicamente (representados pelas cores azul e laranja, respectivamente) apresentam uma tendência de comportamento similar aos dados brutos, fornecidos pela Veracel Celulose.

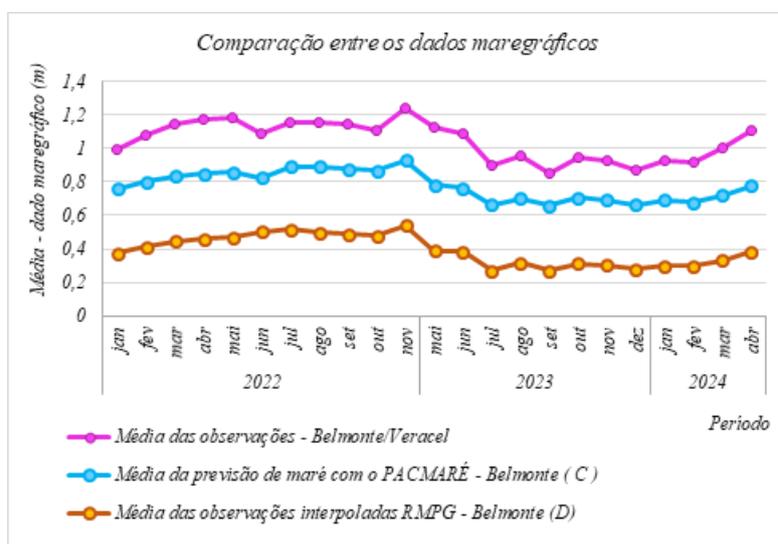


Figura 8 - Comparação entre os dados mareográficos C, D e os dados obtidos em campo em Belmonte/Veracel.

Os dados DI_BEL apresentam uma diferença média de aproximadamente 60 cm em relação ao dado da Veracel, enquanto os dados PAC_BEL em torno de 20 cm. Percebe-se que os comportamentos das séries são similares, embora C e D sejam produtos de diferentes metodologias.

Ilha Fiscal – Rio de Janeiro

A tabela 9 apresenta a quantidade de dados faltantes e zerados após o tratamento e processamento dos registros da Ilha Fiscal. Foram observados 268 dias não seguidos de leituras incompletas, 994 leituras faltantes, e 759 valores zerados

ao total, onde PAC_IF apresentou 689 dados zerados e DI_BEL apresentou 70 dados zerados. Salienta-se que a série bruta (Dados do UHSLC) não possui leituras iguais a zero. Comparando os resultados encontrados na tabela 9 com a tabela 5, nota-se, nos dados da Ilha Fiscal, uma quantidade menor de dias com leituras incompletas (13 dias), uma menor quantidade de leituras faltantes (1.908 leituras) e maiores dados com valores iguais a zero (400 dados). A figura 9 ilustra a espacialização dos dados de Belmonte e Ilha Fiscal, através do gráfico de distribuição normal.

Tabela 9 - Dados incompletos, faltantes e zerados - Ilha Fiscal

Área de estudo	Dias com leituras incompletas	Quantidade de leituras faltantes	Dado não encontrado - Valor zerado		
			Dado bruto	PAC_IF	DI_IF
Ilha Fiscal	268	994	0	689	70

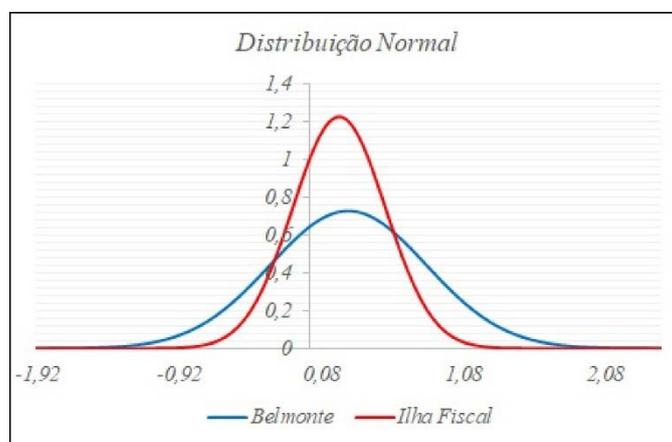


Figura 9 - Distribuição Normal de Gauss dos dados de Belmonte (Hleitura) e Ilha Fiscal (UHSLC). Observa-se uma maior variabilidade dos dados de Belmonte em comparação aos dados da Ilha Fiscal, ou seja, o desvio padrão é maior para os dados de Belmonte (Hleitura). Nota-se também que a média das observações de Belmonte é maior que das observações da Ilha Fiscal.

Embora em menor quantidade, quando comparado aos dados da tabela 5, a ausência desses dados pode refletir na qualidade dos resultados. A tabela 10 apresenta o desvio padrão

médio e o RMSE dos conjuntos de dados (E) e (F). Em seguida, tem-se a tabela 11, onde estão dispostos os coeficientes de Correlação de Pearson dos dados (E) e (F).

Tabela 10 - Desvio padrão e RMSE dados (E) e (F)

Área de Estudo	Dados	Desvio Padrão médio	RMSE
Ilha Fiscal	Observações - UHSLC x Dados PAC_IF (E)	0,266 m	0,4514 m
	Observações - UHSLC x Dados DI_IF (F)	0,268 m	0,4509 m

Tabela 11 - Correlações entre dados (E) e (F)

Área de Estudo	Dados	Coefficiente de Correlação de Pearson
Ilha Fiscal	Observações - UHSLC x Dados PAC_IF (E)	0,027
	Observações - UHSLC x Dados DI_IF (F)	0,170

Na tabela 10, nota-se que os desvios-padrão médios de (E) e (F) apresentam valores muito similares e próximos de zero, o que demonstra um baixo grau de dispersão dos dados em relação à média. Comparando os dados PAC_IF, DI_IF e os dados da UHSLC, verifica-se um menor

desvio padrão médio em E (PAC_IF) quando comparado a F (DI_IF). Confrontando os desvios-padrão encontrados na tabela 10 como os valores das tabelas 3 e 6, verifica-se uma maior variabilidade de dados na tabela 10, indicando assim uma menor homogeneidade com relação aos

dados de Caravelas e Belmonte.

Os valores RMSE em (E) e (F) apresentaram valores muito próximos, porém o modelo de previsão PAC_IF (A) mostrou um resultado um pouco melhor em comparação ao modelo interpolado DI_IF (B), embora a diferença entre eles seja pequena.

Comparando esses resultados com os dados das tabelas 3 e 6, observa-se que os dados obtidos para Ilha Fiscal estão próximos de um limiar (~0,50 m), tornando esse modelo ainda um modelo a ser considerável. Na tabela 11, os valores (E) e (F) indicam uma correlação bem fraca, em que E (PAC_IF) apresenta uma

correlação menor do que em F (DI_IF).

As tabelas 4 e 7 apresentam uma correlação muito forte, enquanto a tabela 11 mostra que os dados possuem uma correlação bem fraca, embora a série possua uma maior extensão em comparação aos dados de Caravelas e Belmonte. A figura 10 apresenta o comportamento dos dados E, F e dos dados obtidos por meio do UHSLC.

Embora os dados (E) e (F) sejam oriundos de diferentes métodos, percebe-se que o comportamento das duas séries (PAC_IF e DI_IF) são similares, no entanto, apresentam pouca correlação com os dados da UHSLC.

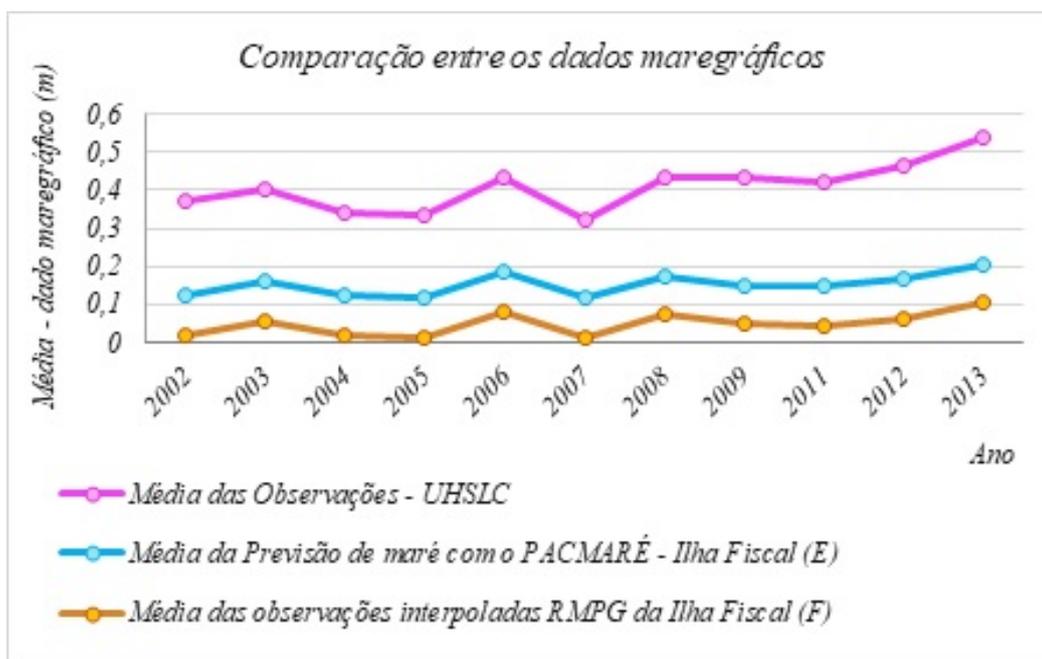


Figura 10 - Comparação entre os dados mareográficos E, F e os dados obtidos por meio do UHSLC.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As alturas de marés foram obtidas por diferentes métodos, em cada área de estudo, onde para Belmonte e Ilha Fiscal foram utilizadas expressões para tal objetivo, enquanto em Caravelas é obtida por meio do levantamento *in loco*. As metodologias empregadas em Caravelas e Belmonte apresentaram uma maior correlação quando comparada à Ilha Fiscal.

O dado interpolado (DI) apresentou um melhor desempenho para a Ilha Fiscal, enquanto em Belmonte e Caravelas, os dados previstos pelo PACMARÉ (PAC) apontaram um melhor resultado. Não obstante, os dados das áreas de estudo e das estações mareográficas apresentam comportamentos de maré distintos, o que pode afetar o resultado final. Os valores de desvio-padrão, RMSE e Correlação de Pearson encontrados para os dados previstos obtidos mediante

o PACMARÉ (PAC) e dados interpolados (DI) foram bastante similares, embora cada dado seja proveniente de etapas distintas. Apresentou-se, em todas as áreas de estudo, bons resultados quanto ao desvio-padrão e o RMSE. Apesar de possuir mais dados ausentes, os resultados de Belmonte foram melhores quando comparados à Ilha Fiscal, o que sugere que a extensão da série não influencia diretamente o resultado, mas sim a qualidade dos dados mareográficos.

As referências de nível (RRNN) da Ilha Fiscal não foram rastreadas, sendo assim, vale a pena considerar o rastreamento GNSS antes ou durante a obtenção dos registros mareográficos, conforme a metodologia empregada. As estações mareográficas de Belmonte e Caravelas localizam-se em mar aberto, enquanto na Ilha Fiscal, a estação está localizada em uma região mais interna de um

estuário.

A localização dos pontos de coleta dos dados pode afetar os resultados, visto que a Ilha Fiscal apresentou valores inferiores em comparação com os encontrados em Belmonte e Caravelas, possivelmente devido a fatores como salinidade e temperatura das águas nesses locais, dentre outros (Harari, 2021; D'Aquino et al., 2011; De Andrade, 2018; Lessa, 2020).

Para este trabalho, não foram considerados os movimentos verticais crustais (subsidência e soerguimento) sob as estações maregráficas ou seu entorno. A constatação de movimentos crustais de origem não oceânica nas áreas de estudos colabora com a identificação de deslocamentos que possam mascarar o valor real dos registros maregráficos e influenciar na qualidade desses dados (Ribas Junior, 2021).

Recomenda-se utilizar as metodologias citadas em locais onde exista a possibilidade de se triangular dois marégrafos da RMPG e o local de interesse, utilizando, devidamente, os Dados Verticais oficiais do Brasil, conforme a área de

estudo. Embora diversas técnicas tenham sido empregadas para obtenção de dados maregráficos, ressalta-se que a proposta deste estudo visa suprir o vazio que os marégrafos não conseguem preencher, tornando uma solução imediata e alternativa para aquisição de informações maregráficas.

Para aquisição de dados maregráficos, sugere-se utilizar outros equipamentos, como miras limétricas, câmeras digitais de ação para captura de fotografias em modo automático, e utilização de algoritmos para reconhecimento de alturas de maré sobre a linha d'água em fotografias.

Outra opção para medir alturas de maré pode considerar a utilização de marégrafos experimentais utilizando sensor ultrassônico Arduino que seja a prova d'água, utilizando como fonte de alimentação placas solares experimentais.

Por fim, embora este estudo apresente valores consideráveis estatisticamente, é necessário a realização de mais estudos acerca dessas metodologias, utilizando outras estações e outros pontos da costa brasileira com outros comportamentos de maré.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística pela disponibilidade dos dados usados na pesquisa, à Universidade Federal da Bahia, por meio do Departamento de Engenharia de Transportes e Geodésia (DETG/UFBA) e do Laboratório de Estudos Costeiros (LEC/UFBA) pela disponibilização dos materiais utilizados na coleta dos dados em campo e à empresa Veracel Celulose S/A, por gentilmente cederem os dados maregráficos sem os quais não seria possível a realização deste estudo.

REFERÊNCIAS

- CE003-Estatística II. 2006. Disp. em: <<http://leg.ufpr.br/~silvia/CE003/notes.html>> Acessado em: 14 de agosto de 2024.
- COELHO, A.L. & GIRELI, T.Z. Verificação de Tendências Maregráficas em Santos (SP) e Cananéia (SP). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22, 2017, Florianópolis. Atas...Florianópolis, 2017.
- COELHO, A.L.; ALVES, A. R.; TEIXEIRA, G.L.G. O efeito da plataforma continental sobre a maré na costa leste da América do Sul. In: HIDROGRÁFICOS DA DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO, Tomo LXXII, 2015. Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro, 2015, p. 176.
- COHEN, J. **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences**. 2 ed. New Jersey: Lawrence Erlbaum. 569 p, 1988.
- DALAZOANA, R.; LUZ, R.T.; FREITAS, S.R.C. Estudos do NMM a partir de Séries Temporais Maregráficas e de Altimetria por Satélites visando a integração da Rede Vertical Brasileira ao Sirgas. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 57, n. 2, p. 140-153, 2005.
- DANCEY, C. & REIDY, J. **Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows 2**. Ed. Porto Alegre. Artmed. 608 p, 2006.
- D'AQUINO, C.A.; FRANKLIN DA SILVA, L.; COUCEIRO, M.A.A.; PEREIRA, M.D.; SCHETTINI, C.A.F. Transporte de Sal e Hidrodinâmica do Estuário do Rio Tubarão — SC, Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v.16, n.3, p. 113-125, 2011.
- DE ANDRADE, V.S. **Análise de hidrodinâmica ambiental e de qualidade de água na baía de Guanabara via modelagem computacional**. Rio de Janeiro, 2018. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- DO NASCIMENTO, L.; BITTENCOURT, A.; SANTOS, A.N.; LANDIM DOMINGUEZ, J.M. Deriva Litorânea ao Longo da Costa do Cacau, Bahia: Repercussões na Geomorfologia Costeira. **Revista Pesquisas em Geociências**, v.34, n.2, p. 45–56, 2007.
- FIGUEIREDO FILHO, D.B. & SILVA JUNIOR, J.A. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v.18, n.1, 32 p, 2009.
- FRANCO, A.S. **Marés: Fundamentos, Análise e Previsão**. 2. ed. Niterói: Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), 344 p, 2009.
- GEMAEL, C. **Introdução a Geodésia Física**. 2. ed. Curitiba: Editora UFPR, 304 p, 2012.
- HARARI, J. **Noções de Oceanografia**. Universidade de São Paulo. Instituto de Oceanográfico. 1º ed. São Paulo: 926 p, 2021.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Análise do nível médio do mar nas estações da Rede Maregráfica Permanente para Geodésia - RMPG: 2001/2015**. Rio de Janeiro: 61 p, 2016. Disp. em: <https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_sobre_posicionament_o_geodesico/rmpg/relatorio/relatorio_RMPG_2001_2015_GRRV.pdf>. Acessado em: 07 de setembro de 2024.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E

- ESTATÍSTICA (IBGE). **Fichas das Estações Maregráficas da RMPG**. Disp. em: <https://geoftp.ibge.gov.br/Informações_sobre_posicionamento_geodesico/rmpg/relatorio/>. Acessado em: 29 de Outubro de 2023.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Modelo hgeoHNOR2020 para conversão de altitudes geométricas em altitudes normais**. 1ªed. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. 51p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Monitoramento da Variação do Nível Médio do Mar nas Estações da Rede Maregráfica Permanente para Geodésia: 2001-2020** / IBGE, Coordenação de Geodésia. - Rio de Janeiro: IBGE, 121 p, 2021. Disp. em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101890>>. Acessado em: 31 de Agosto de 2023.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Panorama do Censo 2022. Rio de Janeiro, 2023**. Disp. em: <<https://censo2022.ibge.gov.br/Panorama/>>. Acessado em: 18 de novembro de 2023.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **RMPG: Rede Maregráfica Permanente para Geodésia**. Disp. em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/rede-geodesica/10842-rmpg-rede-maregrafica-permanente-para-geodesia.html?=&t=dados-diarios-e-situacao-operacional>>. Acessado em: 23 de novembro de 2023.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Relatório de Monitoramento da Variação do Nível Médio do Mar nas Estações da Rede Maregráfica Permanente para Geodésia – 2001-2012**. Rio de Janeiro: 46 p, 2013. Disp. em: <https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_sobre_posicionamento_geodesico/rmpg/relatorio/relatorio_RMPG_2001_2013_GRRV.pdf>. Acessado em: 19 de novembro de 2023.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Cambridge: Cambridge University, 2021. Disp.em:<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf>. Acessado em: 12 de Novembro de 2023.
- LESSA, G. Aspectos básicos da circulação estuarina e sua relação com o ambiente costeiro. In: MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L.S. (orgs.) **Geografia Marinha: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos**. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 74-103.
- MELO NETO, R.S. **Análise de dados maregráficos na Baía de Paranaguá**. Curitiba, 2021. 123p. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas), Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.
- MENEZES, R.R.V.; SOUZA, L.M.; FERREIRA, I.O. Comparação das variações do nível médio do mar a partir de dados de altimetria por satélites e maregrafia em Fortaleza – CE. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 44, n. 35347, p. 1-12, 2021.
- MIGUENS, A.P. **Marés e correntes de maré; correntes oceânicas**. In: **Navegação a ciência e a arte – navegação costeira, estimada e em águas restritas**. DHN, Marinha do Brasil. V. I, cap. 10, p. 227-274. Niterói, 1996.
- REIS, V.P.; PALMEIRO, A.S.; BARBOSA, L.G. Estudo da obtenção do nível médio do mar com altimetria por satélites. **Revista Brasileira de Geomática**, v. 6, n. 1, p. 3-22, 2018.
- RIBAS JUNIOR, N.S.; SANTOS, C.A.S.T.; ZEBENDE, G.F.; SILVA FILHO, A.M. da. Controle geodésico do nível do mar em Salvador: análises e correlações. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 73, n. 2, p. 470-488, 2021.
- RIBEIRO, C.R. **Processos de alterações da maré astronômica na desembocadura da Lagoa dos Patos**. Rio Grande, 2008. 99p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica). Universidade Federal do Rio Grande.
- SHIMAKURA, S. **Interpretação do coeficiente de correlação. Departamento de Estatística**. UFPR. CE003-Estatística II. 2006. Disponível em: <<http://leg.ufpr.br/~silvia/CE003/notes.html>>. Acessado em: 14 de agosto de 2024.
- SOUZA, S.O. & VALE, C. Vulnerabilidade ambiental da planície costeira de Caravelas (BA) como subsídio ao ordenamento ambiental. **Sociedade & Natureza** (online), v. 28, n. 1, p.147-159, 2016.
- TORGE, W. **Geodesy**. 3 ed. Berlin: Walter de Gruyter, 416 p, 2001.

*Submetido em 23 de outubro de 2024
Aceito para publicação em 5 de fevereiro de 2025*