

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E DE  
AGRIMENSURA**

**ISADORA HAUSER LOPES**

**METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DA LINHA DE COTA ZERO E LINHA  
DE PREAMAR MÉDIA NO LITORAL NORTE DO RS.  
CASO DE ESTUDO: IMBÉ E TRAMANDAÍ, ANO 2021/2022**

**PORTO ALEGRE**

**2022**

**ISADORA HAUSER LOPES**

**METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DA LINHA DE COTA ZERO E LINHA  
DE PREAMAR MÉDIA NO LITORAL NORTE DO RS.  
CASO DE ESTUDO: IMBÉ E TRAMANDAÍ, ANO 2021/2022**

Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura apresentado na forma de monografia ao Departamento de Geodésia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Cartógrafo e Agrimensor.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo dos Santos da Rocha

**PORTO ALEGRE**

**2022**

CIP - Catalogação na Publicação

Lopes, Isadora Hauser  
Metodologia para Determinação da Linha de Cota Zero  
e Linha de Preamar Média no Litoral Norte do RS. Caso  
de Estudo: Imbé e Tramandai, ano de 2021/2022 /  
Isadora Hauser Lopes. -- 2022.  
153 f.  
Orientador: Ronaldo dos Santos da Rocha.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto  
de Geociências, Curso de Engenharia Cartográfica,  
Porto Alegre, BR-RS, 2022.

1. Geodésia. 2. Linha de Cota Zero. 3. Linha de  
Preamar Média. 4. Terrenos de Marinha. 5. Nivel Médio  
do Mar. I. Rocha, Ronaldo dos Santos da, orient. II.  
Titulo.

**ISADORA HAUSER LOPES**

**METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DA LINHA DE COTA ZERO E LINHA  
DE PREAMAR MÉDIA NO LITORAL NORTE DO RS.  
CASO DE ESTUDO: IMBÉ E TRAMANDAÍ, ANO 2021/2022**

Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura apresentado na forma de monografia ao Departamento de Geodésia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Cartógrafo e Agrimensor.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 07/12/2022

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr. Ronaldo dos Santos da Rocha – UFRGS  
Orientador

---

Prof.<sup>a</sup> Dr. Artur Caldas Brandão – UFBA  
Avaliador

---

Prof.<sup>a</sup> Dr. Carlos Alberto Pessoa Mello Galdino – UFPE  
Avaliador

---

Prof.<sup>a</sup> Dr. Elírio Toldo Jr. – CECO/UFRGS  
Avaliador

Dedico este trabalho aos meus pais Paulo Müller Lopes e Tânia Maria Dorneles Hauser, meus primeiros professores.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sobretudo ao Instituto de Geociências que forneceram as condições fundamentais para cursar esta graduação.

Aos meus pais que sempre me incentivaram a estudar, nunca pouparam esforços para que nada me faltasse e por todo investimento na minha educação.

Ao meu orientador, Ronaldo dos Santos da Rocha pelos valiosos conselhos, pelo acolhimento, pela confiança depositada e por ser um exemplo de profissional e ser humano.

Aos demais professores da UFRGS por todo conhecimento compartilhado, em especial aos professores do Departamento de Geodésia.

Aos meus amigos, em especial Mariana Benedetti e Gregory Thalles cujo companheirismo, incentivo e diversão foram fundamentais para suportar essa longa caminhada.

À Dra. Laura Ullmann López, ao colega de curso Jones e os motoristas Jarson e Paulo, que auxiliaram voluntariamente nos levantamentos de campo.

Aos demais colegas de curso que de alguma forma auxiliaram e fizeram companhia nessa jornada.

À minha psicóloga Deise que se dedicou em me ajudar com as questões e prazos envolvidas nesse trabalho.

E por fim a todos que de boa vontade colaboraram para chegar até aqui.

*“O resto é mar  
É tudo que eu não sei contar  
São coisas lindas  
Que eu tenho pra te dar  
Fundamental é mesmo o amor  
É impossível ser feliz sozinho”  
(Tom Jobim)*

## RESUMO

Nas últimas décadas organizações e centros de estudos mundiais vem constatando que o nível médio do mar está subindo e cada vez mais acelerado. O Brasil encontra-se vulnerável diante deste cenário, pois possui cerca de 8 mil quilômetros de litoral, em maioria densamente populosos e, em muitos casos, a ocupação se deu de forma desordenada. Porém o litoral brasileiro possui uma alta carência de estudos cartográficos e maregráficos que possam avaliar a dimensão desses impactos. Esta carência também causa um imbróglio em relação à correta demarcação de terrenos de marinha e seus acrescidos. Estes terrenos, que pertencem à União, são mensurados a uma distância de 33 metros da Linha de Preamar Média de 1831. Apesar de já existirem alguns estudos que apontam métodos para determinar essa referência de quase duzentos anos, há algumas discordâncias entre a forma que a Secretaria do Patrimônio da União (SPU) faz essas determinações e o que preconizam alguns pesquisadores brasileiros que estudam o assunto. Com o propósito de amparar previsões e definir as dimensões de impactos climáticos e também, como um prelúdio para determinar, futuramente, o posicionamento correto dos terrenos de marinha e seus acrescidos na região, este trabalho tem como objetivo a demarcação da Linha de Cota Zero e Linha de Preamar Média, localizadas nas praias de Imbé e Tramandaí, municípios do Estado do Rio Grande do Sul, para os anos de 2021 e 2022. Para isto o trabalho, que é pioneiro no litoral norte do Rio Grande do Sul, usou como fonte de dados maregráficos os valores obtidos pelo estudo “Tidal and subtidal oscillations in a shallow water system in southern Brazil” realizado por Andrade, Nunes e Toldo (2018). Os levantamentos de campo foram feitos usando posicionamento relativo cinemático em tempo real (RTK) e levantamento relativo estático. O ajuste das altitudes geométricas para ortométricas foi feito com o modelo de ondulação geoidal hgeoHNOR2020, fornecido pelo IBGE. A demarcação das linhas de Cota Zero e Preamar Média foi feita de duas maneiras, uma utilizando um Modelo Digital de Terreno e a outra com cálculos trigonométricos baseados na declividade dos perfis. Uma estimativa de incertezas foi realizada, resultando em valores verticais entre 0,18 e 0,40 m, quando modelos digitais de terrenos foram aplicados, e entre 0,11 e 0,16 m quando as linhas foram determinadas pelo cálculo de declividade dos perfis. Foi constatada, também, a importância da obtenção de cotas negativas e a importância de evitar eventos climáticos extremos nos levantamentos.

**Palavras-chave:** Nível médio do mar, terrenos de marinha, linha de cota zero, linha de preamar média.

## ABSTRACT

In recent decades organizations and centers of world studies have been finding that the average sea level is rising and increasingly accelerated. Brazil is vulnerable in this scenario, as it has about 8 thousand kilometers of coastline, most of which are densely populated and, in many cases, the occupation took place in a disorderly manner. However, the Brazilian coast has a high lack of cartographic and tidal studies that can assess the size of these impacts. This deficiency also causes an imbroglio in relation to the correct demarcation of marine land and its additions. These lands, which belong to the Union, are measured at a distance of 33 meters from the 1831 Medium High Tide Line. Although there are already some studies that point some methods to determine this reference, that has almost two hundred years, there are some discrepancies between the way that the Federal Heritage Secretariat (SPU) makes these determinations and what some Brazilian researchers who study this subject advocate. With the purpose of supporting predictions and defining the dimensions of climate impacts and also, as a prelude to determining, in the future, the correct positioning of marine land and its additions in the region, this work has as objective to demarcate the Line of Level Zero and Medium high tide line, located on the beaches of Imbé and Tramandaí, municipalities in the State of Rio Grande do Sul, for the years 2021 and 2022. For this purpose, the work, which is a pioneer on the north coast of Rio Grande do Sul, used as a source from tide data the values obtained by the study “Tidal and subtidal oscillations in a shallow water system in southern Brazil” carried out by Andrade, Nunes and Toldo (2018). Field surveys were done using real-time kinematic relative positioning (RTK) and static relative surveying. The adjustment of geometric to orthometric altitudes was performed using the geoidal undulation model hgeoHNOR2020, provided by IBGE. The demarcation of the Line of Level Zero and Medium high tide line was done in two ways, one using a Digital Terrain Model and the other with trigonometric calculations based on the slope of the profiles. An uncertainties estimate was performed, resulting in vertical values between 0.18 and 0.40 m, when digital terrain models were applied, and between 0.11 and 0.16 m when the lines were determined by calculating the slope of the profiles. It was also verified the importance of obtaining negative quotas and the importance of avoiding extreme weather events in the surveys.

**Keywords:** Mean sea level, marine lands, line of level zero, line of medium high tide

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização da Área de Estudo.....	24
Figura 2 – Estudo Equilíbrio de Marés.....	26
Figura 3 – Relação na amplitude de marés.....	27
Figura 4 – Representação da variação da altura de maré em função do tempo, onde PM: Preamar; NM: Nível Médio e BM: Baixa-Mar.....	28
Figura 5 – Mudança regional do NMM (m).....	29
Figura 6 – O elipsoide, o Geoide e a Superfície Física da Terra.....	37
Figura 7 – A altitude geométrica (H), a altitude ortométrica (h) e a ondulação geoidal (N)....	38
Figura 8 – Localização das estações da RBMC e da RMPG.....	41
Figura 9 – Localização das estações da RMPG e as respectivas datas de instalação.....	42
Figura 10 – Densificação da Rede Altimétrica de Alta Precisão.....	44
Figura 11 – Grandezas envolvidas no cálculo do modelo para conversão de altitudes.....	46
Figura 12 – Esquema básico de um posicionamento relativo.....	52
Figura 13 – Representação do funcionamento básico do método de posicionamento relativo cinemático em tempo real.....	53
Figura 14 – Gráfico da função de densidade de probabilidade normal ou Gaussiana.....	56
Figura 15 – Fluxograma das Etapas do Trabalho.....	61
Figura 16 – Fotografia do marco estabelecido no CECLIMAR.....	64
Figura 17 – Croqui explicativo da metodologia e estratégia de levantamento de campo.....	65
Figura 18 – a) Fotografia do ponto Base na praia de Imbé. b) Fotografia do ponto Base na Colônia de Férias.....	66
Figura 19 – Pontos levantados em forma de perfis transversais à linha d’água nas prais de Imbé e Tramandaí, respectivamente, em 2021.....	67
Figura 20 – Pontos levantados em forma de perfis transversais à linha d’água nas prais de Imbé e Tramandaí, respectivamente, em 2022.....	69
Figura 21 – Fotografia do Ponto de Base para o RTK do Levantamento de Tramandaí 2022.	70
Figura 22 – Processamento das bases levantadas em 24 e 25 de Outubro de 2021.....	72
Figura 23 – Processamento das bases levantadas em 19 de Agosto de 2022.....	72
Figura 24 – Distribuição dos pontos análogos.....	75
Figura 25 – Comparação entre a linha obtida com dados brutos de 2021 e a nova linha corrigida a partir da linha obtida com dados processados de 2022.....	77

Figura 26 – Janela de configuração dos parâmetros para a realização do MDT no Surfer 8....	81
Figura 27 – Modelos Digitais de Terreno obtidos através dos levantamentos de (a) Imbé 2021 e (b) Imbé 2022, gerados no software Surfer 8.....	82
Figura 28 – Modelos Digitais de Terreno obtidos através dos levantamentos de (a) Tramandaí 2021 e (b) Tramandaí 2022, gerados no software Surfer 8.....	82
Gráfico 1 – Dispersão (Scatterplot) dos dados amostrais e estimados pela validação cruzada do MDT de Imbé 2021.....	84
Gráfico 2 – Dispersão (Scatterplot) dos dados amostrais e estimados pela validação cruzada do MDT de Imbé 2022.....	84
Gráfico 3 – Dispersão (Scatterplot) dos dados amostrais e estimados pela validação cruzada do MDT de Tramandaí 2021.....	85
Gráfico 4 – Dispersão (Scatterplot) dos dados amostrais e estimados pela validação cruzada do MDT de Tramandaí 2022.....	85
Figura 29 – Feições Levantadas e Geradas por MDT de Imbé 2021.....	87
Figura 30 – Feições Levantadas e Geradas por MDT de Imbé 2022.....	88
Figura 31 – Feições Levantadas e Geradas por MDT de Tramandaí 2021.....	89
Figura 32 – Feições Levantadas e Geradas por MDT de Tramandaí 2022.....	90
Figura 33 – Relação de Triângulo para Determinar as Coordenadas das Linhas de Preamar Média e de Cota Zero.....	91
Figura 34 – Caixa de Ferramentas do Software QGIS: Função Deslocamento de linhas.....	93
Figura 35 – Levantamento de Imbé 2021 com as Linha de Cota Zero, Linha de Preamar Média e Linha 33 metros, obtidas com a declividade dos perfis. Imagem Google Satellite....	94
Figura 36 – Levantamento de Imbé 2022 com as Linha de Cota Zero, Linha de Preamar Média e Linha 33 metros, obtidas com a declividade dos perfis. Imagem Google Satellite....	95
Figura 37 – Levantamento de Tramandaí 2021 com as Linha de Cota Zero, Linha de Preamar Média e Linha 33 metros, obtidas com a declividade dos perfis. Imagem Google Satellite....	96
Figura 38 – Levantamento de Tramandaí 2022 com as Linha de Cota Zero, Linha de Preamar Média e Linha 33 metros, obtidas com a declividade dos perfis. Imagem Google Satellite....	97
Figura 39 – Desenho representativo da forma de medição das distâncias mureta-linha.....	98
Figura 40 – Representação da forma de medição das distâncias mureta-linha– Feições determinadas pelo MDT.....	99
Figura 41 – Diferença entre as feições de pontos de perfis, mureta e LPM de Imbé 2021(em vermelho) e 2022 (em azul).....	101

Figura 42 – Diferença entre as feições de pontos de perfis, mureta e LPM de Tramandaí 2021(em vermelho) e 2022 (em azul).....	102
Figura 43 – Representação da forma de medição das distâncias mureta-linha em Imbé – Feições determinadas pela declividade dos perfis.....	103
Figura 44 – Representação da forma de medição das distâncias mureta-linha em Tramandaí – Feições determinadas pela declividade dos perfis.....	104
Figura 45 – Fotografia do estrago provocado pelo temporal em Tramandaí 2022.....	106
Figura 46 – Fotografia da maré alta no levantamento de Tramandaí 2022.....	107
Figura 47 – Dimensão das incertezas derivadas do MDT nos levantamentos de Imbé.....	111
Figura 48 – Dimensão das incertezas derivadas do MDT nos levantamentos de Tramandaí.	112
Figura 49 – Diferença entre as linhas de Cota Zero e Preamar Média geradas pela declividade dos perfis e pelo Modelo Digital de Terreno.....	114

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Taxa de variação do NMM, segundo as estações da RMPG.....	30
Tabela 2 – Variações das marés astronômicas (Tidal) e meteorológicas (Subtidal) com MTR: Mean Tidal Range (amplitude média da maré) e seus máximos e mínimos em relação ao nível médio do mar.....	31
Tabela 3 – Precisão do posicionamento relativo em função do tempo de observação, equipamento utilizado e comprimento da linha de base.....	51
Tabela 4 – Fontes e efeitos dos erros envolvidos no GPS (GNSS).....	54
Tabela 5 – Relação entre o intervalo da variável, o fator de confiança, e a probabilidade de encontrar a medida dentro do intervalo.....	56
Tabela 6 – Dados de anotação de campo do dia 24 de Outubro de 2021.....	65
Tabela 7 – Dados de anotação de campo do dia 25 de Outubro de 2021.....	67
Tabela 8 – Dados de anotação de campo do dia 19 de Agosto de 2022.....	69
Tabela 9 – Dados coletados e processados das bases.....	73
Tabela 10 – Valores derivados do cálculo da diferença entre os pontos BASEIMBE25 e BASE_IMBE1.....	74
Tabela 11 – Cálculo das diferenças entre os pontos análogos em metros.....	76
Tabela 12 – Valores calculados da média, variância e desvio padrão de $\Delta X$ e $\Delta Y$ , em metros. ....	76
Tabela 13 – Resultado do cálculo das médias, variâncias e desvios padrões das feições de calçada e mureta levantadas em 2021 e 2022.....	78
Tabela 14 – Resultado do cálculo do $\Delta h$ de cada feição entre um levantamento e outro.....	78
Tabela 15 – Resultado do cálculo da média dos $\Delta h$ (calçada e mureta), seu desvio padrão e desvio padrão total.....	78
Tabela 16 – Valores derivados do cálculo da diferença entre a base (IMBE1) e o ponto (PIMBE).....	79
Tabela 17 – Valores derivados do cálculo da diferença entre a base (TRAM3) e o ponto (PRAIA-T).....	79
Tabela 18 – Coeficientes de correlação obtidos pelo método de validação cruzada dos MDTs .....	83
Tabela 19 – Desvio Padrão ( $\sigma$ ) obtidos pelo método de validação cruzada para cada MDT....	86

Tabela 20 – Diferença entre a coordenada medida e a coordenada calculada, levantamento de Tramandaí 2021.....	91
Tabela 21 – Distâncias (em metros) mureta-linha medidas no projeto Imbé 2021 e Imbé 2022-MDT.....	99
Tabela 22 – Distâncias (em metros) mureta-linha medidas no projeto Tramandaí 2021 e Tramandaí 2022- MDT.....	100
Tabela 23 – Distâncias (em metros) mureta-linha medidas no projeto Imbé 2021 e Imbé 2022-Declividade dos Perfis.....	105
Tabela 24 – Distâncias (em metros) mureta-linha medidas no projeto Tramandaí 2021 e Tramandaí 2022-Declividade dos Perfis.....	105
Tabela 25 – Posição das linhas de Preamar Média e Cota Zero em relação ao primeiro e último ponto dos perfis.....	107
Tabela 26 – Erros envolvidos (em metros).....	109
Tabela 27 – Desvio padrão total para as altitudes (em metros).....	109
Tabela 28 – Erros derivados do cálculo de coordenadas por meio da declividade dos perfis. ....	113
Tabela 29 – Erros totais derivados do cálculo de coordenadas por meio da declividade dos perfis.....	113
Tabela 30 – Diferença de erros entre os dois métodos (MDT e Declividade dos Perfis).....	113

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BM	Baixa mar
CECLIMAR	Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos
CNG	Conselho Nacional de Geografia
CTRS	Terrestrial Conventional Reference System
DNPRC	Departamento Nacional de Portos, Rios e Canais
DoD	Departamento de Defesa Americano
GLONASS	Global Orbiting Navigation Satellite System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
GRS-80	Geodetic Reference System
IAG	Associação Internacional de Geodésia
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IERS	International Earth rotation and Reference systems Service
IGG	Instituto Geográfico e Geológico
IGS	International GNSS Service
IMBT	Imbituba
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
ITRF	International Terrestrial Reference Frame
ITRS	International Terrestrial Reference System
LPM	Linha de Preamar Média
MTR	Mean Tidal Range
MDT	Modelo Digital de Terreno
NMM	Nível Médio do Mar
POAL	Porto Alegre
PM	Preamar
RAAP	Rede Altimétrica de Alta Precisão
RBMC	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
RMPG	Rede Maregráfica Permanente para Geodésia
RRNN	Referências de Nível
RTK	Real Time Kinematiccia associado ao GPS

SAD-69	South American Datum
SBCS	Plataforma Continental Sul Brasileira
SGB	Sistema Geodésico Brasileiro
SGE	Serviço Geográfico do Exército
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SPU	Secretaria de Patrimônio da União
TEDUT	Terminal Almirante Soares Dutra
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UIGG	União Geodésica e Geofísica Internacional
UTM	Universal Transversa de Mercator
WGS-84	World Geodetic System

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>19</b>
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	19
1.2	OBJETIVOS.....	20
1.3	JUSTIFICATIVAS.....	21
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>23</b>
2.1	ÁREA DE ESTUDO.....	23
2.2	DINÂMICA COSTEIRA.....	24
<b>2.2.1</b>	<b>Estudo de Marés.....</b>	<b>24</b>
2.2.1.1	Marés Astronômicas.....	25
2.2.1.2	Preamar, Baixa-Mar e Análise Harmônica de Marés.....	27
<b>2.2.2</b>	<b>Variação do Nível Médio do Mar.....</b>	<b>28</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Estudo de Marés na Região Sul do Brasil.....</b>	<b>30</b>
<b>2.2.4</b>	<b>Terrenos de Marinha e seus Acrescidos.....</b>	<b>32</b>
2.3	GEODÉSIA E SISTEMAS DE REFERÊNCIA.....	35
<b>2.3.1</b>	<b>Superfícies De Representação Da Terra.....</b>	<b>35</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Sistema Geodésico de Referência.....</b>	<b>38</b>
2.3.2.1	Sistema Geodésico Brasileiro (SGB).....	39
<b>2.3.3</b>	<b>Redes Do Sistema Geodésico Brasileiro.....</b>	<b>40</b>
2.3.3.1	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC).....	40
2.3.3.2	Rede Maregráfica Permanente para Geodésia (RMPG).....	42
2.3.3.3	Rede Altimétrica de Alta Precisão (RAAP).....	43
2.3.3.4	Datum Vertical do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB).....	44
2.3.3.5	Modelo <i>hgeoHNOR2020</i> .....	45
<b>2.3.4</b>	<b>Cartografia - Sistema UTM.....</b>	<b>47</b>
2.4	POSICIONAMENTO PLANIALTIMÉTRICO POR RECEPTORES GNSS.....	48
<b>2.4.1</b>	<b>Breve Histórico Sobre os Métodos de Posicionamento Navegação.....</b>	<b>48</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Métodos De Posicionamento Por GNSS.....</b>	<b>50</b>
2.4.2.1	Posicionamento Relativo Estático.....	51
2.4.2.2	Posicionamento Relativo Cinemático em Tempo Real (RTK).....	52
2.5	ERROS DE OBSERVAÇÃO.....	53
<b>2.5.1</b>	<b>Erros Sistemáticos em Observáveis GNSS.....</b>	<b>54</b>

2.5.2	Ajustamento de Observações.....	55
2.5.3	Propagação de Erros.....	55
2.6	GEOESTATÍSTICA.....	57
2.6.1	Análise Estatística Dos Dados.....	57
2.6.2	Modelagem Numérica de Terreno.....	58
2.6.3	Interpoladores.....	58
2.6.4	Validação Cruzada.....	59
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	60
3.1	PLANEJAMENTO.....	60
3.2	MATERIAIS E RECURSOS HUMANOS.....	62
3.2.1	Equipamentos.....	62
3.2.2	Dados.....	62
3.2.3	Softwares.....	63
3.2.4	Recursos Humanos.....	63
3.3	EXECUÇÃO DO LEVANTAMENTO GEODÉSICO.....	63
3.3.1	Levantamento de 24 e 25 de Outubro de 2021.....	63
3.3.2	Levantamento de 19 de Agosto de 2022.....	68
4	RESULTADOS E ANÁLISES.....	71
4.1	PROCESSAMENTO DE DADOS.....	71
4.1.1	Processamento de Dados de Imbé 2021.....	73
4.1.2	Processamento de Dados de Tramandaí 2021.....	74
4.1.2.1	Cálculo da correção horizontal.....	74
4.1.2.2	Cálculo da correção vertical.....	77
4.1.3	Processamento de Dados de Imbé 2022 e Tramandaí 2022.....	79
4.1.4	Transformação de Altitudes.....	80
4.2	MODELO DIGITAL DO TERRENO (MDT).....	80
4.2.1	Desenvolvimento do Modelo Digital de Terreno (MDT).....	80
4.2.2	Avaliação Estatística do Modelo Digital de Terreno (MDT).....	83
4.3	DEFINIÇÃO DA LINHA DE COTA ZERO E LINHA DE PREAMAR MÉDIA DE 2021 E 2022.....	86
4.3.1	Linhas Geradas com o MDT.....	86
4.3.2	Linhas Geradas com a Declividade dos Perfis.....	90
4.3.3	Determinação da Linha Distante 33 metros da Linha de Preamar Média.....	92
4.3.3.1	Linha 33 metros derivada do MDT.....	92

4.3.3.2	Linha 33 metros derivada da declividade dos perfis.....	93
<b>4.3.4</b>	<b>Caracterização das Linhas de Cota Zero e Preamar Média.....</b>	<b>97</b>
4.3.4.1	Caracterização das linhas obtidas com o MDT.....	97
4.3.4.1.1	<i>Valores das distâncias Mureta-Linhas do MDT.....</i>	<i>99</i>
4.3.4.2	Caracterização das linhas obtidas com a declividade dos perfis.....	103
4.3.4.2.1	<i>Valores das distâncias Mureta-Linhas da declividade dos perfis.....</i>	<i>104</i>
<b>4.3.5</b>	<b>Algumas Considerações.....</b>	<b>105</b>
4.4	CÁLCULO DA PROPAGAÇÃO DE ERROS.....	109
4.4.1	Propagação de erros nos resultados provenientes do MDT.....	109
4.4.2	Propagação de erros de resultados provenientes do cálculo da declividade dos perfis	112
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>115</b>
5.1	CONCLUSÕES.....	115
5.2	RECOMENDAÇÕES.....	116
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>118</b>
	<b>APÊNDICE A – Cálculos do Processamento dos Dados e Conversão de Altitudes de Imbé 2021.....</b>	<b>123</b>
	<b>APÊNDICE B – Cálculos do Processamento dos Dados e Conversão de Altitudes de Tramandaí 2021.....</b>	<b>125</b>
	<b>APÊNDICE C – Cálculo do Processamento de Dados e Conversão de Altitudes de Imbé 2022.....</b>	<b>129</b>
	<b>APÊNDICE D– Cálculo do Processamento de Dados e Conversão de Altitudes de Tramandaí 2022.....</b>	<b>131</b>
	<b>APÊNDICE E– Dados com as Feições Separadas de Imbé 2021.....</b>	<b>133</b>
	<b>APÊNDICE F– Dados com as Feições Separadas de Imbé 2022.....</b>	<b>135</b>
	<b>APÊNDICE G– Dados com as Feições Separadas de Tramandaí 2021.....</b>	<b>136</b>
	<b>APÊNDICE H– Dados com as Feições Separadas de Tramandaí 2022.....</b>	<b>139</b>
	<b>APÊNDICE I– Cálculo da Validação Cruzada de Imbé 2021.....</b>	<b>140</b>
	<b>APÊNDICE J– Cálculo da Validação Cruzada Imbé 2022.....</b>	<b>142</b>
	<b>APÊNDICE K– Cálculo da Validação Cruzada Tramandaí 2021.....</b>	<b>144</b>
	<b>APÊNDICE L– Cálculo da Validação Cruzada Tramandaí 2022.....</b>	<b>148</b>
	<b>APÊNDICE M – Coordenadas dos pontos de Linha de Preamar Média e Linha de Cota Zero obtidas com a declividade dos perfis.....</b>	<b>150</b>

# 1 INTRODUÇÃO

*Neste capítulo serão apresentadas as justificativas que impulsionaram este trabalho de conclusão de curso, bem como os conceitos e questões relevantes envolvidos durante o estudo e o objetivo final desejado.*

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Regiões costeiras costumam ser as zonas com maior densidade demográfica e econômica. Nestas, devido as suas origens antropológicas, navegação e turismo, maior parte das grandes metrópoles se constituíram. O Brasil possui cerca de 8 mil quilômetros de litoral, e não foge à regra. Porém, frequentemente esta ocupação é desordenada, mal planejada e com baixa infraestrutura. Essas regiões também são altamente impactadas com o aumento acelerado do nível médio do mar (NMM), tanto global quanto local. Segundo o IPCC (2019) este aumento é inevitável e pode impactar países inteiros.

No Brasil também existe uma questão importante que é a demarcação de terrenos de marinha e seus acrecidos. Os terrenos de marinha e seus acrecidos estão listados como pertencentes aos bens da União e são definidos pelo Decreto-Lei nº 9.760/46: “São terrenos de marinha, em uma profundidade de 33 (trinta e três) metros, medidos horizontalmente, para a parte da terra, da posição da linha do preamar-médio de 1831”. O órgão federal responsável pela gestão e demarcação destes terrenos é a Secretaria do Patrimônio da União (SPU) porém há algumas discordâncias entre a forma que a Secretaria do Patrimônio da União (SPU) faz essas determinações e o que preconizam alguns pesquisadores brasileiros que estudam esse assunto. Neste trabalho não será possível a determinação da Linha de Preamar Média de 1831 pois não existem dados suficientes para realizar o cálculo da taxa de variação do nível médio do mar local até aquela época, mas pode servir como ponto de partida para futuramente executar essa realização.

Tanto para o monitoramento de impactos relacionados à variação do NMM e para uma correta demarcação de terrenos de marinha e seus acrecidos, estudos regionais de comportamentos ambientais e geomorfológicos das regiões costeiras são necessários. Portanto se faz necessário a introdução de alguns conceitos.

O primeiro é o de Linha de Cota Zero, esta feição é a linha com a posição planimétrica onde o nível médio do mar atinge. O Sistema Geodésico Brasileiro adota como referência o nível médio do mar medido em dois lugares distintos, um em Imbituba/SC e outro em Santana/AP, porém o nível médio do mar pode ser mensurado localmente. O segundo é o de Linha de Preamar Média, que nos leva primeiro a definição de preamar cujo nome deriva do latim “plena mare” e representa a maré alta. A Linha de Preamar Média é definida como a linha com a posição planimétrica onde as amplitudes médias das preamares em um determinado local e em um determinado tempo, atingem.

A identificação da Linha de Cota Zero e da Linha de Preamar Média é consideravelmente difícil. Além de poucos referenciais topográficos, geodésicos, cartográficos e maregráficos, também não possuem feições físicas exatas e mudam conforme o tempo. Para tanto, neste trabalho será desenvolvida uma metodologia para a determinação da Linha de Cota Zero e Linha de Preamar Média para os anos de 2021 e 2022 na região costeira de Imbé e Tramandaí, municípios do litoral norte do Rio Grande do Sul. Como fonte de dados acerca do comportamento das marés da região foram utilizados os valores obtidos pelo estudo “Tidal and subtidal oscillations in a shallow water system in southern Brazil” realizado por Andrade, Nunes e Toldo (2018).

O levantamento planialtimétrico do terreno precisou ser de nível geodésico, visto que as zonas costeiras do litoral gaúcho possuem baixíssima declividade. Para tanto foi adotado levantamento com GNSS com posicionamento relativo cinemático em tempo real (RTK) e levantamento relativo estático apoiado em estações da Rede de Monitoramento Contínuo (RBMC) administrada pelo IBGE. Como sistema de referência planimétrico foi adotado o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas – SIRGAS 2000 por ser o sistema adotado pelo SGB (Sistema Geodésico Brasileiro). Quanto ao sistema altimétrico, foi adotado o modelo de ondulação geoidal  $h_{\text{geoHNOR2020}}$ , fornecido pelo IBGE, para a possibilidade de obter o ajuste entre as altitudes geométricas e as altitudes ortométricas dos levantamentos. Os pontos coletados foram interpolados para a geração de um modelo numérico de terreno (MDT) e foi feita uma análise de qualidade, verificando os erros e incertezas.

## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é a determinação da posição planialtimétrica da Linha de Cota Zero e da Linha de Preamar Média nas praias de Imbé e Tramandaí, municípios

do Estado do Rio Grande do Sul, para os anos de 2020 e 2021 e a determinação das incertezas envolvidas no método. De forma específica foi necessário:

- Construção de um MDT da área levantada;
- Cálculo da declividade dos perfis.
- Determinação da posição da Linha de Cota Zero e Linha de Preamar Média para os anos de 2021 e 2022;
- Controle de qualidade posicional com os valores dos erros e incertezas associadas.

### 1.3 JUSTIFICATIVAS

A determinação da topografia da costa com exatidão geodésica é de grande importância para estudos como de impactos ambientais provenientes de ressaca marítima ou elevação no NMM, sobre movimentação de sedimentos que altera a linha de praia, tomadas de decisões acerca de urbanismo e ocupação da região costeira, entre outros.

Nas últimas décadas foi constatado que o nível médio do mar global está subindo e acelerando. Segundo o IPCC (2019) este fenômeno é inevitável e o maior causador da elevação do nível médio do mar é o derretimento de geleiras e dos mantos de gelo, especialmente da Groenlândia e da Antártida, provocado pelo aquecimento global. Este órgão faz previsões de uma elevação numa faixa de 0,29- 0,59 m para o melhor cenário possível de emissão dos gases de efeito estufa a 0,61-1,10m no pior dos cenários até 2100. No Relatório de Groundwell produzido pelo Banco Mundial (2021) foi feito um alerta de que cerca de 216 milhões de pessoas no mundo podem ter que se mudar de regiões costeiras, destas, 17 milhões apenas na América Latina. Este panorama coloca o Brasil entre um dos países que mais será afetado com esta elevação, devido à sua vasta extensão de litoral e grande atividade econômica nestas regiões. As consequências, porém, podem, se não evitadas, ao menos premeditadas.

No Brasil os levantamentos de zonas costeiras também é relevante para uma correta determinação dos limites de terrenos de marinha e seus acrescidos. A dificuldade dessa demarcação parte da especificação de que a referência para as demarcações desses terrenos é a Linha de Preamar Média de 1831. O órgão responsável pela gestão desses terrenos é a Secretaria do Patrimônio da União (SPU) que, ao invés de considerar a Linha de Preamar

Média como uma média das preamares do ano de 1831 como previsto no Decreto-Lei nº 9.760/46, considera a média aritmética das 12 (doze) maiores marés mensais previstas para o ano de 1831. O maior problema dessa discrepância das medidas é que muitos proprietários de bens confrontantes com os terrenos de marinha contribuem com pagamentos perpétuos de taxas anuais o que vem gerando muitas ações jurídicas (LIMA, 2002).

A discussão acerca dos terrenos de marinha não para por aí, atualmente esta vem ganhando notoriedade perante a Proposta De Emenda à Constituição nº 39 que tramita na câmara e que tem como propósito principal revogar o inciso VII do art. 20 da Constituição Federal. A ideia é que se possa passar esses terrenos para as mãos de governos estaduais, prefeituras e iniciativa privada. Porém esta mudança de domínio dos terrenos de marinha e seus acrescidos coloca a correta medição destes em maior destaque, pois muitas pessoas serão afetadas e muitas ações jurídicas podem partir disto.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

*Neste capítulo será apresentada toda fundamentação teórica fundamental para a compreensão deste trabalho. Inicialmente será descrita a área de estudo, posteriormente serão abordados os assuntos relacionados às regiões costeiras que foram indispensáveis para o entendimento do estudo e também os principais conceitos e técnicas sobre levantamentos geodésicos e sistemas de referência e, por fim, conceitos sobre erros de observações e geoestatística.*

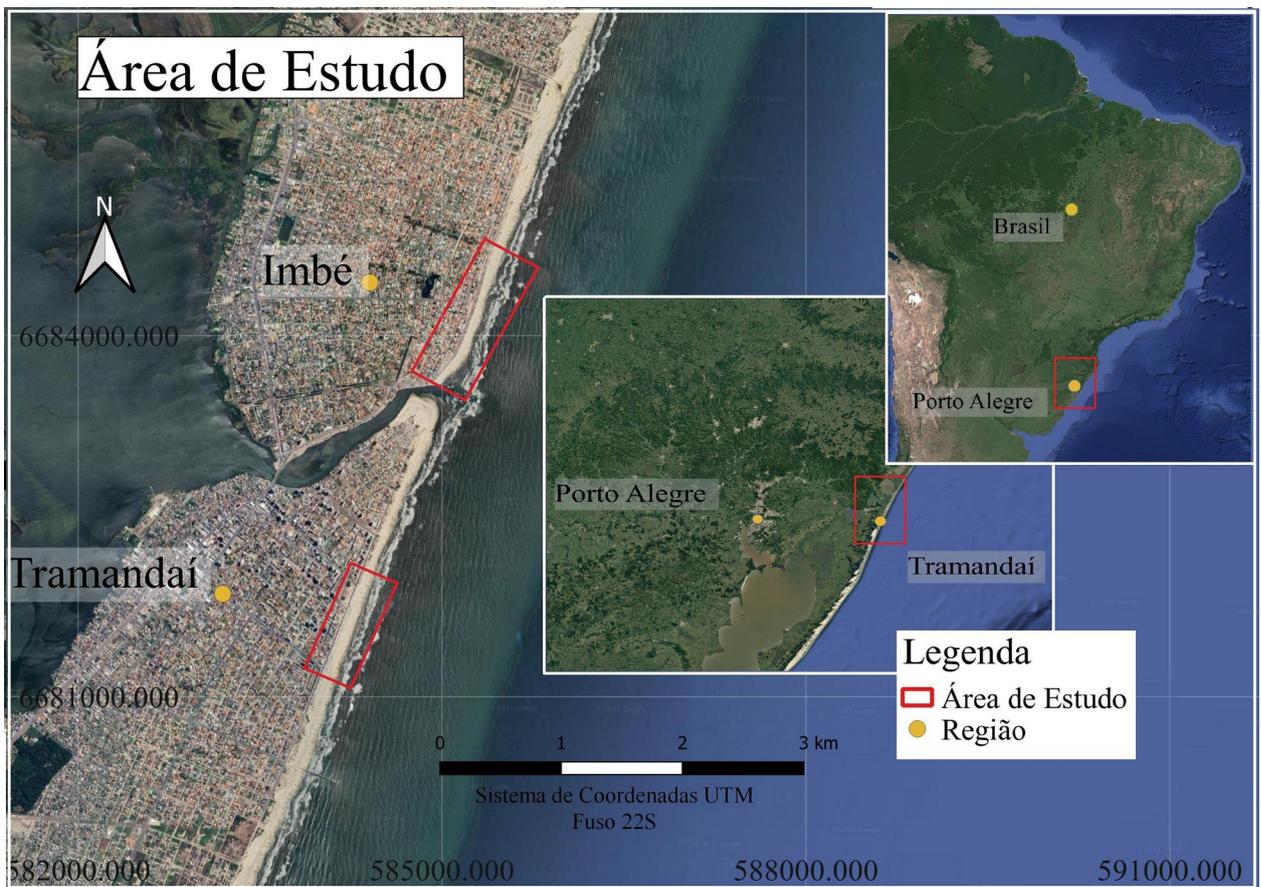
### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a região das praias às margens da desembocadura do Rio Tramandaí (latitude 29°58'34" e longitude 50°07'15") que faz a divisão dos municípios de Imbé e Tramandaí (Figura 1).

O município de Imbé possui cerca de 20.294 habitantes, uma área de 39,549 km<sup>2</sup> e 15 km de extensão de praia (IBGE, 2010). Segundo a Prefeitura de Imbé, registros históricos, documentos e dados arqueológicos como sambaquis, mostram que por volta de 1600 já haviam indígenas que viviam no litoral norte do Rio Grande do Sul. Com o Tratamento de Tordesilhas, Imbé e Tramandaí, passaram a pertencer à Espanha, mas em 1680, com a fundação da Colônia de Sacramento, pelos portugueses, tornaram-se posse destes. Já o município de Tramandaí possui cerca de 52.632 habitantes, uma área de 143,57 km<sup>2</sup> e 12 km de extensão de praia (IBGE, 2010). Em 1732, Manuel Gonçalves Ribeiro recebe a primeira sesmaria, nos campos de Tramandí (assim como era chamada), do já então denominado Rio Grande do Sul. O rio que liga as duas cidades tinha grande função para deslocamento e transporte de mercadorias. Mas nem sempre era navegável, dependia de suas cheias. Então ao seu entorno as pessoas se alojavam para aguardar a passagem. A região era composta por campo, areia, banhado e uma vegetação abundante que era chamada de Capão Imbé, planta que futuramente deu origem ao nome do município. O município de Imbé foi emancipado em 1988 (PREFEITURA DE IMBÉ, 2022) e Tramandaí se emancipou de Osório em 1965, em 1968 a Petrobrás inaugurou o TEDUT (Terminal Almirante Soares Dutra) na região trazendo grande desenvolvimento para a cidade (PREFEITURA DE TRAMANDAÍ, 2022) e a atividade econômica de ambos os municípios gira em grande parte em torno do turismo, mas também se beneficia com pesca e construção civil.

A morfologia da região é uma linha costeira quase retilínea, inclinada cerca de 20° na direção nordeste, formada por praia arenosa e com pouca elevação. Os ventos dominantes são decorrentes do quadrante nordeste, mas no decorrer do outono e inverno, durante as passagens frias, sua direção pode inverter para sudeste (ANDRADE; NUNES; TOLDO, 2018). Na praia deságua a Rio Tramandaí que é um canal de aproximadamente 1000 metros de comprimento e 100 metros de largura, que faz a ligação de um sistema lagunar, composto por várias lagoas interligadas, formando uma rede de drenagem até o oceano (ALMEIDA; ROSAURO; TOLDO, 1997).

Figura 1 – Localização da Área de Estudo



Fonte: Autoria própria (2022), imagem Google Sattelite.

## 2.2 DINÂMICA COSTEIRA

### 2.2.1 Estudo de Marés

Neste capítulo alguns temas sobre marés serão tratados. As ondas oceânicas sofrem diversas influências, dentre elas, as principais são as de origem astronômicas e de origens meteorológicas. A morfologia do litoral também afeta as características das marés e esses aspectos provocam ondas com traços distintos de uma localidade para a outra. Este conjunto de fatores podem ser mensurados a partir de um longo período de observações e, então um modelo de previsão de marés pode ser formatado para cada região. Neste trabalho as marés astronômicas possuem um enfoque maior porque são estas que caracterizam as amplitudes das preamares, como será descrito a seguir.

#### 2.2.1.1 Marés Astronômicas

Marés astronômicas são ondas cujo comprimento de onda pode chegar a dimensões do raio da Terra e provocam um movimento periódico do nível do mar que é causado por uma combinação da força gravitacional da Lua e do Sol e o movimento da Terra (GARRISON, 2016). Pytheas, um navegador grego, foi o primeiro a relacionar a altura da maré à posição da Lua em 300 a.C., mas foi Newton que com seu estudo sobre a gravitação explicou melhor o comportamento de maré e sua relação com os astros (GARRISON, 2016).

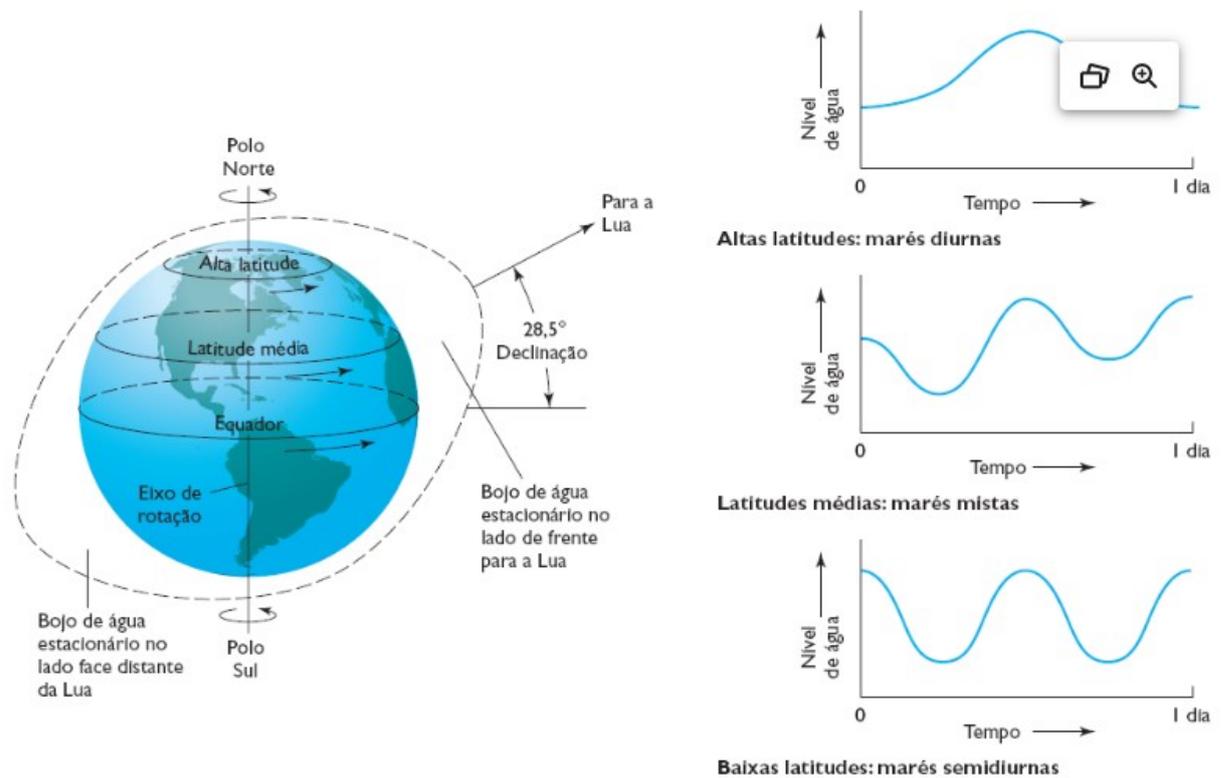
Segundo Garrison (2016) na Teoria do Equilíbrio, Newton observou que a força da gravidade é proporcional à massa dos corpos que estão atuando e inversamente proporcional ao cubo da distância entre elas, conseqüentemente, apesar de possuir uma massa menor, a força gravitacional exercida pela Lua, em relação à Terra, é maior do que a força gravitacional exercida pelo Sol, visto que a distância entre Lua e Terra é relativamente menor que entre Terra e Sol.

A força gravitacional exercida pela Lua gera uma atração dos oceanos em sua direção, que é chamada de bojo de maré (PINET, 2017). Porém o efeito centrífugo em torno do centro de massa do sistema Terra-Lua gera um segundo bojo no lado oposto ao primeiro (GARRISON, 2016). Os bojos de marés formam as cristas das ondas que formam as marés altas, ou preamares, e as áreas baixas dos bojos correspondem às marés baixas, ou baixamares (PINET, 2017).

O eixo de rotação do sistema Terra-Lua não é simétrico à linha do Equador, portanto o eixo que corresponde aos bojos de marés também não é. A consequência é que o movimento do nível do mar não é igual em todos os pontos da superfície do planeta e esse movimento periódico pode ser classificado em três categorias: Diurnos, que possuem um ciclo diário de

variação da altitude do nível do mar; Semidiurnos, cuja variação ocorre duas vezes no dia; e Mistos, onde o sobe e desce é desigual ao longo do dia (PINET, 2017). A (Figura 2) demonstra essa relação entre os bojos e tipos de marés.

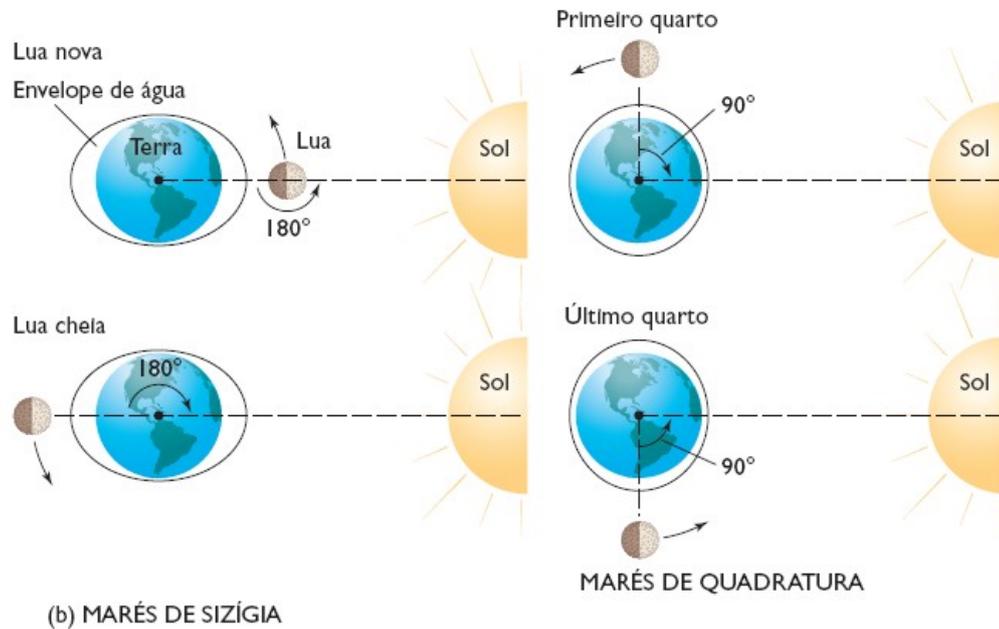
Figura 2 – Estudo Equilíbrio de Marés



Fonte: Pinet (2017)

O Sol, com menos intensidade, também interfere no ciclo de marés. De forma semelhante à da Lua, a gravidade do sistema Sol-Terra cria dois bojos de marés, com amplitudes inferiores aos bojos produzidos pela Lua. Quando o Sol, a Lua e a Terra estão alinhados acontecem as marés de sizígia que são caracterizadas por marés altas mais altas e marés baixas mais baixas. Esses momentos correspondem às fases de lua nova e cheia. Em contrapartida, durante as fases de lua crescente e minguante as amplitudes de marés são menores, nestas fases ocorrem as marés de quadratura que acontecem quando o eixo Lua-Terra forma um ângulo reto com o eixo Terra-Sol (GARRISON, 2016). A Figura 3 retrata a relação entre o sistema Lua-Terra e Sol e as marés de sizígia e quadratura.

Figura 3 – Relação na amplitude de marés



Fonte: Pinet (2017)

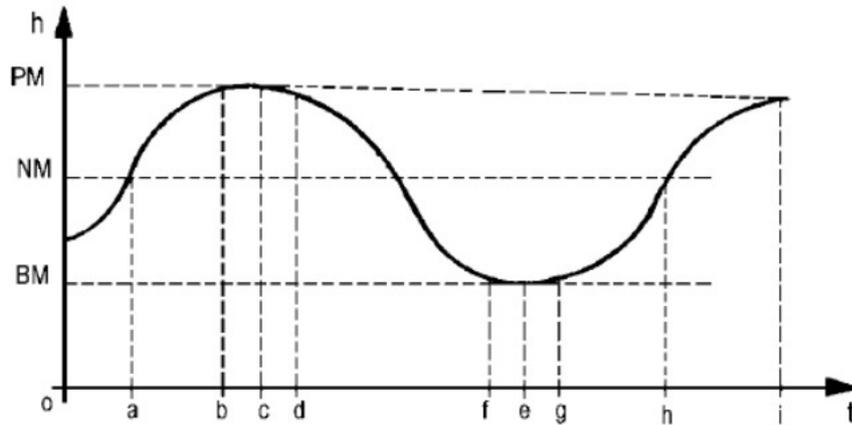
### 2.2.1.2 Preamar, Baixa-Mar e Análise Harmônica de Marés

Diariamente o nível do mar sobe e desce. Este fenômeno possui características tais que, devido a sua periodicidade podem ser modelados matematicamente por análise harmônica. Na análise harmônica as marés são representadas por um número finito de componentes harmônicos. Nesta análise é possível modelar os fatores astronômicos e distinguir dos fatores não astronômicos que são de grande maioria meteorológicos (GODINHO, 2011).

A variação diária do nível do mar possui a característica de ter uma crista que define a maré alta, ou preamar e um vale correspondente à maré baixa, ou baixa-mar. Este movimento de sobe e desce caracteriza um ciclo que acontece uma vez ao dia em marés diurnas, duas vezes em marés semidiurnas e irregulares em marés mistas. A amplitude das preamares e baixa-mares varia ao longo do dia, mês e ano devido a relação entre as posições do Sol, Terra e Lua. Durante as marés de sizígia as preamares e baixa-mares possuem as maiores amplitudes e as menores ocorrem durante as marés de quadratura, ambas ocorrem de duas a três vezes no mês. Com o método de análise harmônica de marés também é possível determinar a amplitude média das preamares, esta amplitude média define, então, a posição

onde se situa a Linha de Preamar Média (LPM) de uma região em um dado intervalo de tempo.

Figura 4 – Representação da variação da altura de maré em função do tempo, onde PM: Preamar; NM: Nível Médio e BM: Baixa-Mar.



Fonte: Miguens (1996) apud Limoeiro (2016).

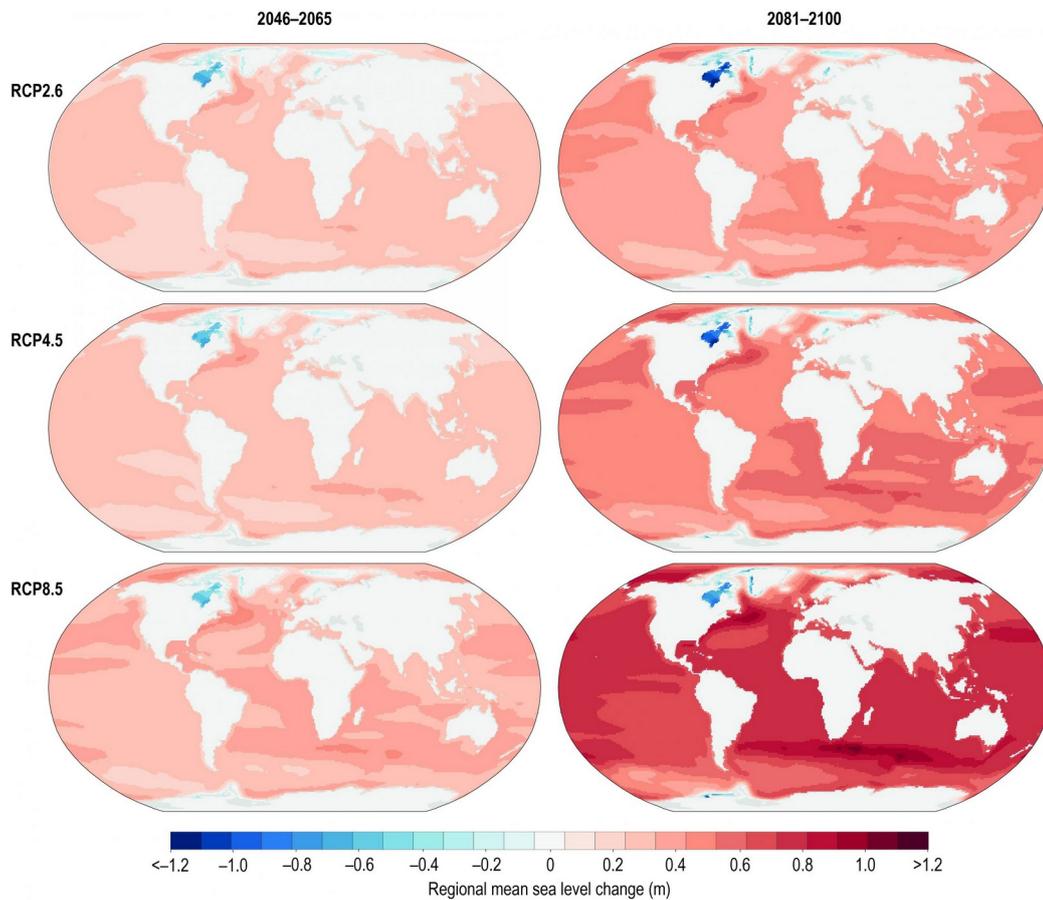
### 2.2.2 Variação do Nível Médio do Mar

A variação do NMM (Nível Médio do Mar) vem sendo cada vez mais estudada tendo como motivação alguns fatores, como o aumento de vulnerabilidade das comunidades costeiras. No Relatório de Groundwell produzido pelo Banco Mundial (2021) é feito um alerta de que cerca de 216 milhões de pessoas no mundo podem ter que se mudar dessas regiões, destas, 17 milhões apenas na América Latina. Durante a COP26 realizada em 2021 o Ministro de Tuvalu, uma ilha localizada no Pacífico, gravou seu discurso de dentro do mar para protestar pelo risco da ilha desaparecer (MODELLI, 2021). O monitoramento do NMM também é importante para a definição dos sistemas de referências globais e a vinculação com cada Datum vertical à época de sua realização (Dalazoana et al., 2005).

Segundo o IPCC (2019) o NMM está subindo e acelerando. Este aponta uma taxa de aumento global de 3,6 mm/ano e atribui como maior causador o derretimento de geleiras e dos mantos de gelo, especialmente da Groenlândia e da Antártida, provocado pelo aquecimento global. Esta taxa é semelhante à considerada pelo Sea Level Research Group (2021) definiu uma taxa de aumento global de NMM em  $3,3 \pm 0,4$  mm/ano e uma aceleração de  $0,098 \pm 0,025$  mm/ano<sup>2</sup>.

Porém o NMM não é globalmente uniforme e tem uma variação regional que é importante ser estudada para a projeção de impactos locais (IPCC, 2019). A Figura 5 abaixo mostra três cenários das mudanças regionais por séries temporais de NMM. Cada cenário é um modelo diferente de emissão de gases do efeito estufa com diferentes considerações, onde a média global do aumento do NMM no melhor cenário está na faixa de 0,29-0,59 metros (RCP2.6) e o pior entre 0,61-1,10 metros até 2100 (RCP8.5) (IPCC, 2019).

Figura 5 – Mudança regional do NMM (m)



No Brasil o monitoramento do NMM é feito pelas Estações Maregráficas da RMPG (IBGE, 2021b). A Tabela 1 abaixo apresenta os valores e o erro padrão da variação do NMM por um período de tempo. As estações de Arraial do Cabo (RJ) e Belém(PA) não possuem valores pois o período de análise foi insuficiente. A estação de Santana (AP) situa-se em uma região estuariana que provoca maiores oscilações do NMM e portanto o erro padrão ficou

superior ao valor da variação do NMM. Por outro lado, estudos apontam que o alto valor de variação do NMM das estações de Imbituba (SC) e Macaé (RJ) é afetado por movimentações da crosta na região (IBGE, 2021b).

Tabela 1 – Taxa de variação do NMM, segundo as estações da RMPG

Estações maregráficas	Variação do nível médio do mar (mm/ano)	Erro padrão (mm/ano)	Época
Imbituba (SC)	5,1	±0,9	2001-2020
Macaé (RJ)	4,9	±1,2	2001-2015
Arraial do Cabo (RJ)	-	-	2017-2020
Salvador (BA)	2,7	±0,7	2004-2020
Fortaleza (CE)	1,3	±0,4	2008-2019
Belém (PA)	-	-	2019-2020
Santana (AP)	2,9	±4,2	2005-2020

Fonte: IBGE (2001b)

### 2.2.3 Estudo de Marés na Região Sul do Brasil

A zona costeira do Rio Grande do Sul possui praias arenosas com baixíssima declividade que se apresentam quase em linha reta do norte ao sul e “faz parte da Plataforma Continental Sul Brasileira (SBCS), que tem cerca de 150 a 200 km de largura e uma profundidade de 140 m, com declives suaves de 0,03 a 0,08°” (ANDRADE; NUNES; TOLDO, 2018, pg. 246).

Porém esta região possui pouquíssimos estudos sobre o comportamento de marés, sobretudo dados de longo prazo. Com o objetivo de prever impactos de obras e eventos de intrusão de água salgada no sistema lagunar que deságua no rio Tramandaí Almeida, Rosauero e Toldo (1997) estudaram o comportamento da maré que interfere neste sistema. Neste estudo um marégrafo foi instalado na barra do rio Tramandaí, no trapiche do terminal da Petrobras, e os dados foram coletados de março de 1996 à março de 1997. A partir da análise harmônica de marés foi detectado que a maré na região é do tipo semidiurna e a amplitude média da maré astronômica é da ordem de 0,3 cm.

Inspirados por motivos semelhantes e para obter uma melhor compreensão sobre os fatores meteorológicos e astronômicos que causam a oscilação do nível do mar, bem como eventos climáticos extremos que se somados às marés de sizígia podem causar sérios danos à população e meio ambiente local, Andrade, Nunes e Toldo (2018) coletaram dados de ondas e correntes na região de Tramandaí e Imbé, com um perfilador acústico instalado no mar e um sensor de pressão. Foram, também obtidos, dados de pressão atmosférica e direção horária e

intensidade dos ventos com uma estação meteorológica instalada e mantido pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Os dados foram coletados em quatro séries por um período de 650 dias entre dezembro de 2013 e janeiro de 2016. As frequências de maré astronômica e meteorológicas foram divididas por um filtro passa-baixa e uma análise espectral foi aplicada para uma melhor confiabilidade estatística. Uma análise de correlação cruzada, para verificar a melhor correlação entre a variação do nível do mar e os dados de vento, foi feita e todas as correlações foram superiores a 99%. As componentes harmônicas foram calculadas com uma Transformada Rápida de Fourier e os dados que excederam dois desvios padrões foram separados (ANDRADE; NUNES; TOLDO, 2018).

Neste estudo, uma variação média de 0,31 m da amplitude da maré astronômica foi encontrada enquanto que para a maré meteorológica foi de 0,37 m. Mas a maior amplitude da maré astronômica encontrada foi de 0,53 m e da meteorológica de 0,66 m o que leva o nível do mar chegar cerca 1,2 m de amplitude se esses valores máximos se somarem. O tipo de maré verificado foi de maré mista com predominância semidiurna. Foi constatado que as maiores variações do nível do mar foram durante o outono. Uma alta correlação entre o nível do mar e o vento costeiro e uma rápida resposta da variação do nível do mar às correntes de vento podem, se eventos extremos coincidentemente ocorrerem durante as marés de sizígia, elevar o nível do mar em até 3,2 m o que causa severos danos na costa (ANDRADE; NUNES; TOLDO, 2018).

Tabela 2 – Variações das marés astronômicas (Tidal) e meteorológicas (Subtidal) com MTR: Mean Tidal Range (amplitude média da maré) e seus máximos e mínimos em relação ao nível médio do mar.

	MTR (m)		Máximo acima de zero (m)		Máximo abaixo de zero (m)	
	Maré	Subtidal	Maré	Subtidal	Maré	Subtidal
Amarração 01	0,33	0,29	0,51	0,40	-0,40	-0,31
Amarração 02	0,31	0,41	0,53	0,64	-0,43	-0,49
Amarração 03	0,30	0,38	0,44	0,66	-0,35	-0,57
Amarração 04	0,30	0,40	0,43	0,55	-0,35	-0,43

Fonte: Andrade, Nunes e Toldo (2018).

### 2.2.4 Terrenos de Marinha e seus Acrescidos

No artigo 20, inciso VII, da Constituição Federal (BRASIL, 1988) os terrenos de marinha e seus acrescidos estão listados como pertencentes aos bens da União e são definidos pelo Decreto-Lei nº 9.760/46 que estabelece:

Art. 2º São terrenos de marinha, em uma profundidade de 33 (trinta e três) metros, medidos horizontalmente, para a parte da terra, da posição da linha do preamar-médio de 1831: a) os situados no continente, na costa marítima e nas margens dos rios e lagoas, até onde se faça sentir a influência das marés; b) os que contornam as ilhas situadas em zona onde se faça sentir a influência das marés. Parágrafo único. Para os efeitos deste artigo a influência das marés é caracterizada pela oscilação periódica de 5 (cinco) centímetros pelo menos, do nível das águas, que ocorra em qualquer época do ano.

Art. 3º São terrenos acrescidos de marinha os que se tiverem formado, natural ou artificialmente, para o lado do mar ou dos rios e lagoas, em seguimento aos terrenos de marinha. Art. 3º São terrenos acrescidos de marinha os que se tiverem formado, natural ou artificialmente, para o lado do mar ou dos rios e lagoas, em seguimento aos terrenos de marinha.

Por pertencer à União o domínio útil dos imóveis situados em terrenos de marinha e seus acrescidos é estabelecido no artigo 49 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias de 05/10/1988, por meio de enfiteuse que consiste em um modo de transmissão de todos os direitos sobre uma determinada coisa com a condição de pagamento de pensão ou foro ao proprietário (LOPES, 2010).

Historicamente os terrenos de marinha vêm sendo definidos desde o início da colonização advindas de costumes portugueses do livre acesso da população ao mar e das tropas militares para garantirem a defesa nacional (LIMA, 2002). Mas estes foram delimitados pela primeira vez na Ordem Régia de 11 de novembro de 1818 onde diz que: “[...] tudo que toca á agua do mar e accresce sobre ella é da Corôa, na fôrma da Ordenação do Reino; e que da linha d’agua para dentro sempre são reservadas 15 braças pela borda do mar para serviço publico [...]” (LOPES, 2010). As 15 braças craveiras equivalem a 33 metros e as “linhas d’água” ou “borda do mar” eram definidas visualmente na época pelos limites onde as marés altas de sizígia alcançavam, porém este método consistia numa referência variável no tempo e espaço e afetado pelos fenômenos gravitacionais e meteorológicos (LIMA, 2002).

Segundo Lima (2002, pg. 25) no ano de 1831 um maregrama foi instalado e “foram realizadas no porto do Rio de Janeiro, RJ, as primeiras observações medidas do nível do mar no Brasil e, talvez na América do Sul”. Estas medidas que foram feitas pelo período de um ano inspiraram a Instrução de 14 de novembro de 1832 que no artigo 4º definiu: “São terrenos de marinha todos os que banhados pelas águas do mar ou dos rios navegáveis vão até a distância de 15 braças craveiras (33 metros) para a parte de terra, contadas desde o ponto a que chega o preamar médio de 1831” (ZANON, 2017). A partir daí a linha do preamar médio de 1831 passou a ser, definitivamente, o referencial para a caracterização dos terrenos de marinha e seus acrescidos.

Uma das melhores consequências destes fatos é que no Brasil não existe um único trecho de litoral em mãos da propriedade privada o que resultou em um “legado de inestimável valor”, tanto no aspecto social quanto ambiental despertando muita atenção de “autoridades ambientais governamentais brasileiras e, também de organizações não governamentais (ONGs)” para estas regiões nas últimas décadas (LIMA, 2002, pg. 24 e 30).

Porém estas áreas, segundo Lima (2002, pg. 2 e 3) vem sendo alvo de muitas ações jurídicas por conta do inconformismo de muitos proprietários de bens confrontantes com os terrenos de marinha que foram surpreendidos de que suas “propriedades estão totalmente ou parcialmente sobre bens dominiais da União” o que passou a gerar pagamentos perpétuos de taxas anuais e resultou na perda do domínio pleno sobre estas propriedades.

O órgão federal, descrito no art. 20 da Constituição Federal, responsável pela gestão dos bens da União é a Secretaria do Patrimônio da União (SPU), ligada ao Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. Na Instrução Normativa SPU/SEDDM/ME n. 28, de 26 de abril de 2022 diz:

“Estabelece os critérios e procedimentos para a demarcação de terrenos de marinha, terrenos marginais e seus respectivos acrescidos, bem como orienta a identificação das áreas de domínio da União dispostas nos incisos III, IV, VI e VII do Artigo 20 da Constituição Federal de 1988”.

Confere, em seu artigo 2º que:

Os terrenos de marinha são bens constitucionais da União, definidos a partir de uma profundidade de 33 (trinta e três) metros medidos horizontalmente, para a parte da terra, a partir da posição da Linha do Preamar Médio de 1831 – LPM, nos termos do art. 2º do Decreto-Lei nº 9.760, de 1946.

Na mesma Instrução normativa em seu artigo 51º determina que para a determinação da posição da Linha do Preamar Médio- LPM “será feita a partir da análise individual e comparativa de documentos históricos e plantas de autenticidade irrecusável, referentes aos anos de 1831 ou 1867, respectivamente, ou de data que mais se aproxime” e no artigo 52º diz que os elementos ou linhas de apoio provenientes destas análises deverão “ajustadas a partir da aplicação integrada e complementar” de procedimentos técnicos, entre eles:

“I – nivelamento topográfico de estação maregráfica ou fluviométrica a partir de uma referência de nível ou ponto de controle de campo, incluindo o respectivo cálculo da previsão do preamar médio de 1831 ou da média das enchentes ordinárias”.

E no artigo 56º, 3º parágrafo define que: “O preamar médio de 1831 corresponderá à média aritmética das 12 (doze) maiores marés mensais previstas para o ano de 1831”.

Lima (2002, pg. 02) define que: “A altura da preamar média anual é uma medida correspondente à média de todas as alturas das preamares ocorridas no período de um ano, sendo tomado como referência o nível médio do mar no mesmo local e período”. Lima (2002) também contestou algumas incoerências presentes na Instrução Normativa no 2 de 12 de março de 2001 expedida pela SPU que em seu segundo parágrafo do artigo 2º define: “Na determinação da cota básica relativa à preamar média de 1831, deverão ser consideradas a média aritmética das máximas marés mensais (marés de sizígia) daquele ano, ou do que mais dele se aproximar”. Ele ressalta que marés de sizígia ocorrem apenas duas ou três vezes por mês, enquanto que a linha do preamar médio preconizado pelo Decreto-Lei no 9.760/46 se refere à altura da preamar média anual citada no início deste parágrafo.

É perceptível que a “média aritmética das 12 (doze) maiores marés mensais previstas para o ano de 1831” determinada na Instrução Normativa SPU/SEDDM/ME n. 28, de 26 de abril de 2022 ainda não se aproxima da forma correta para a determinação da linha do preamar de 1831 visto que preamares podem ocorrer mais de uma vez por dia dependendo da região.

Com o propósito de solucionar este dilema acerca da linha do preamar de 1831, Lima (2002) propôs uma metodologia que, levando em conta as prescrições da exatidão e precisão métricas exigidas para a demarcação de terrenos de marinha e seus acrescidos, resumidamente consiste em obter uma série longa de observações de maré, para que a análise de seus componentes harmônicos sejam determinados a fins de que se possa distinguir os elementos e fenômenos astronômicos e meteorológicos, sendo estes considerados ruídos e

desconsiderados por meio de filtros próprios. Estas observações de maré astronômica são, então combinadas a levantamentos planialtimétricos geodésicos da linha da costa em forma de perfis transversais de modo a se obter a declividade desta. A série de observações de maré, que necessitam ser de, pelo menos um ano, também fornecem a variação do nível do mar local, o que possibilita fazer uma regressão linear da situação até o ano de 1831.

Atualmente a discussão sobre terrenos de marinha e seus acrescidos vêm ganhando notoriedade perante a Proposta De Emenda à Constituição nº 39 apresentada em 14 de junho de 2011 que foi aprovada na câmara dos deputados no dia 22 de fevereiro de 2022 e que está em Regime de Tramitação aguardando Apreciação do Plenário do Senado. O intuito da PEC 39/2011 é “Revogar o inciso VII do art. 20 da Constituição e o § 3º do art. 49 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias, para extinguir o instituto do terrenos de marinhas e seus acrescidos e para dispor sobre a propriedade desses imóveis”.

## 2.3 GEODÉSIA E SISTEMAS DE REFERÊNCIA

A palavra geodésia tem origem grega e significa “particionando a Terra” (TULER, 2016). Portanto, originalmente, o “objetivo último da Geodésia é a determinação da forma e das dimensões do nosso planeta” (GEMAEL; ANDRADE, 2015, pg.11). Até pouco tempo a Geodésia tinha como, quase exclusivamente, a função de estabelecer as dimensões do modelo geométrico mais adequado (GEMAEL, 1999). Porém, com o avanço tecnológico dos equipamentos de medição da superfície terrestre, a natureza não homogênea e inconstante da Terra passou a ser relevante e, por consequência, foram incluídos a determinação dos parâmetros da gravidade e suas variações temporais ao propósito fundamental da Geodésia (GEMAEL, 1999).

### 2.3.1 Superfícies De Representação Da Terra

A busca por uma forma que melhor representa a Terra e que defina um sistema de referência prático e adequado, para a caracterização de um sistema de coordenadas, remota desde a Grécia antiga quando Eratóstenes provou a esfericidade da Terra e calculou, com uma boa aproximação, o raio desta (TULER, 2016). Logo, segundo Gemael (1999, p. 16) “o geodesta acha-se rotineiramente envolvido com três superfícies” que são:

- A superfície física da Terra, onde são executadas as medições geodésicas e topográficas;
- A superfície do modelo geométrico que melhor se adapte à forma da Terra e regularmente é um elipsoide de revolução;
- O geóide que é a superfície delimitada por um equipotencial do campo da gravidade e definida por um prolongamento do nível médio dos mares não perturbados.

O campo da gravidade é formado por duas forças, a força de atração e a força centrífuga e por ser um sistema conservativo, ou seja, possui a propriedade de conservar a energia total, é possível associá-lo a um potencial, chamado de potencial da gravidade ou geopotencial. Os pontos que possuem o mesmo potencial são chamados de equipotencial, se a Terra fosse esférica, homogênea e imóvel, esse equipotencial seria esférico, porém essas características não são a realidade do nosso planeta, e conseqüentemente, as superfícies equipotenciais não são regulares (TULER, 2016).

Segundo TULER (2016) o campo da gravidade possui várias superfícies equipotenciais, mas a que mais tem importância para a Geodésia é o geóide que é o equipotencial que mais se aproxima do nível médio dos mares. Porém, apesar de o geóide ser fisicamente bem caracterizado, estabelecer um modelo matemático que melhor represente esta superfície é difícil devido sua irregularidade. Para tanto a maioria dos sistemas geodésicos utilizam um elipsoide de revolução que tangencia o geóide como modelo geométrico (GEMAEL; ANDRADE, 2015).

O elipsoide é o modelo matemático que mais se assemelha ao geóide e seu estudo é, segundo GEMAEL (1987, pg. 33) “[...] de suma importância em Geodésia pelo simples fato de ter sido o mesmo eleito como modelo geométrico para os cálculos geodésicos”. Ele é caracterizado pela rotação de uma semi-elipse em torno de um de seus eixos (eixo de revolução), que, no caso da Geodésia, é o menor deles, de modo que se obtém um elipsoide achatado.

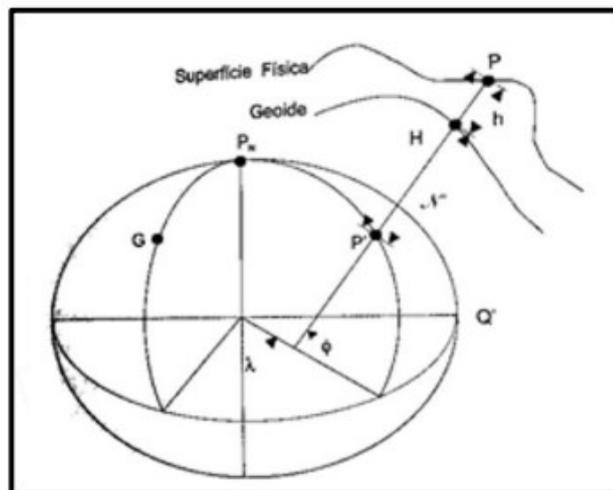
O elipsoide de revolução pode ser definido por apenas dois parâmetros, os dois semi-eixos  $a$  e  $b$ . Mas o habitual na Geodésia é considerar o semi-eixo maior “ $a$ ” e o achatamento “ $\alpha$ ” para caracterizá-lo (GEMAEL, 1987). Além desses dois, existem um conjunto de parâmetros que relacionam o elipsoide de revolução e o geóide. Esse sistema de referência é chamado de datum geodésico, ele geralmente possui origem geocêntrica e é materializado por meio de marcos geodésicos na superfície física da Terra (TULER, 2016).

As coordenadas elipsoidais de um ponto  $P$  na superfície da Terra constituem-se de latitude ( $\phi$ ), longitude ( $\lambda$ ) e a altitude geométrica ( $H$ ). Estas coordenadas podem ser

determinadas astronômicamente. Por conta disto muitos sistemas geodésicos foram concebidos de forma que a superfície do elipsoide tangenciasse o geóide no ponto de origem (TULER, 2016). Essa prática se deve ao fato de a altitude geométrica ( $H$ ) não ser paralela à altitude ortométrica ( $h$ ), provocando um ângulo entre as duas, denominado de “desvio da vertical”, porém isto não ocorre no ponto de tangência e as coordenadas elipsoidais podem ser consideradas iguais às coordenadas astronômicas, o problema é a não conformidade entre diferentes sistemas, que apesar de usarem o mesmo modelo geométrico não possuíam o mesmo ponto de origem e seu centro não coincidia com o centro de gravidade (GEMAEL, 1999).

A Figura 6 a seguir representa as três superfícies analisadas anteriormente e seus parâmetros.

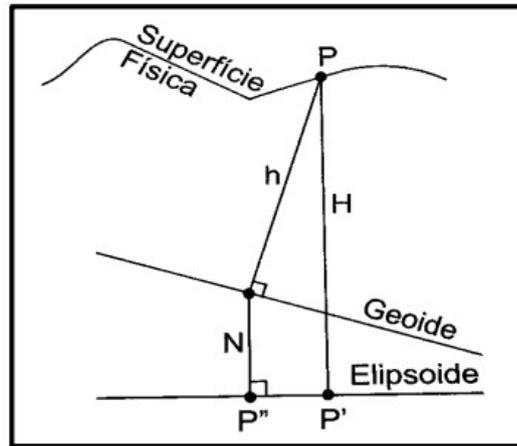
Figura 6 – O elipsoide, o Geoide e a Superfície Física da Terra



Fonte: Gemael, Andrade (2015)

Com o advento dos gravímetros, o cálculo do desvio da vertical e/ou da ondulação geoidal ( $N$ ) passou a ser mais viável. A soma da gravimetria ao nivelamento geométrico conduz a uma altitude ortométrica ( $h$ ) aproximada (GEMAEL, 1999). Veja a Figura 7 a seguir:

Figura 7 – A altitude geométrica (H), a altitude ortométrica (h) e a ondulação geoidal (N)



Fonte: Gemael, Andrade (2015)

Atualmente também é possível a obtenção das coordenadas geométricas através do rastreamento de satélites artificiais. Neste caso, de posse da altitude geométrica (H) podemos utilizar a expressão:

$$H \approx h + N \quad (1)$$

Porém este método, segundo Gemael, Andrade (2015, pg.14) “[...] também chamado de “nivelamento astronômico” tem um caráter “relativo”, pois não proporciona diretamente N e sim o “desnível geoidal” entre dois pontos”.

### 2.3.2 Sistema Geodésico de Referência

Sendo o elipsoide o modelo que mais representa o geoide matematicamente, iniciou-se uma busca por uma definição mais apropriada deste elipsoide. Ao longo do tempo foram adotados alguns elipsoides de revolução. Em 1924 o elipsoide de Hayford foi recomendado na Assembleia Geral da União Internacional de Geodésia (UIGG). Porém em 1967 este foi substituído pelo Sistema Geodésico de Referência 1967, cujo modelo elipsoidal foi o elipsoide Sul-Americano em 1969 (SAD-69)(TULER, 2016).

O SAD-69 era um sistema que utilizava um método clássico de determinação e orientação, cujas características eram a adoção de um sistema horizontal e outro vertical, onde o sistema horizontal é retratado por um elipsoide de boa adaptação ao geoide local e os

parâmetros de origem não coincidem com o centro de gravidade da Terra e sim com um ponto na superfície desta e sua materialização é feita por métodos de triangulação e poligonação (LAGEO, [s.d.]).

Na década de 1970 estes sistemas clássicos deixaram de fazer sentido, principalmente pela sua característica topocêntrica e não representar com precisão adequada a medida, a forma e o campo de gravidade da Terra. E em 1979 a UIGG substituiu o SAD-69 pelo Sistema de referência 1980 (GRS-80) cujo elipsoide de revolução futuramente, forneceu a base do sistema de referência associado ao GPS, o WGS-84 (TULER, 2016).

O ITRF (International Terrestrial Reference Frame), um sistema de referência convencional terrestre (CTRS), é a materialização do Sistema Internacional de Referência Terrestre denominado ITRS (International Terrestrial Reference System) cujo órgão responsável, desde 1988, por manter os padrões de referência e tempo é o IERS (International Earth rotation and Reference systems Service) (MONICO, 2008). Desde então, diversas realizações do ITRS foram feitas com o objetivo de aprimorar uma melhor precisão.

O WGS-84 detém maior relevância perante a outros sistemas de referência dado ao fato deste ser o sistema de referência utilizado pelo sistema GPS. Ele é estabelecido pelo Departamento de Defesa Americano (DoD) (LAGEO, [s.d.]). É um sistema cuja “[...]origem é o centro de massa da Terra, com os eixos cartesianos X, Y e Z definidos de forma idêntica aos do CTRS para a época de 1984,0” (MONICO, 2016, p 124).

Criado em 1993, o Sistema Geocêntrico para a América do Sul (SIRGAS), com o objetivo de determinar um sistema de referência geocêntrico para a América do Sul (LAGEO, [s.d.]). Tem como referência o ITRS e o elipsoide de revolução adotado é o GRS-80 (TULER, 2016) o que facilita aos usuários a aplicarem diretamente as coordenadas obtidas por GPS, visto a compatibilidade entre o elipsoide WGS-84 e o GRS-80 que possuem constantes idênticas, exceto uma pequena variação no parâmetro de achatamento terrestre (LAGEO, [s.d.]).

#### 2.3.2.1 Sistema Geodésico Brasileiro (SGB)

O Brasil já dispôs de 4 sistemas de referência, sendo que três deles, o Córrego Alegre, o Chuá Astro-Datum e o SAD-69 eram sistemas ditos clássicos e um, o SIRGAS 2000 é um sistema moderno. O Córrego Alegre foi adotado na década de 1950, seu elipsoide de revolução era o elipsoide Internacional de Hayford de 1924 e o ponto de origem era o Córrego

Alegre. O Astro-Datum Chuá foi um sistema de caráter provisório para fazer uma transição para o SAD-69, neste sistema o ponto de origem escolhido foi o vértice de Chuá e as componentes do desvio da vertical foram ignoradas. Oficialmente adotado em 1979 o SAD-69 teve como elipsoide de referência o Elipsoide de Referência Internacional de 1967 e como referencial altimétrico o equipotencial do nível médio do mar mensurado em Imbituba, Santa Catarina. Em 2005, através de uma resolução do Presidente do IBGE o SIRGAS foi estabelecido como Sistema Cartográfico Nacional (LAGEO, [s.d.]).

A definição, implantação e manutenção do Sistema Geodésico Brasileiro são de responsabilidade do IBGE. Ele é composto pelas redes planimétricas, altimétricas e gravimétricas. A realização física se dá pelas redes monumentadas e as coordenadas das respectivas estações (MONICO, 2008).

### **2.3.3 Redes Do Sistema Geodésico Brasileiro**

#### **2.3.3.1 Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC)**

Composta por 150 estações distribuídas pelo país (GUIMARÃES, 2021), a RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo) ganhou, cada vez mais, importância com o crescimento da utilização da tecnologia GNSS. A rede, cujas observações vem contribuindo desde 1997, hoje também ampara o sistema de referência SIRGAS, que é considerado uma das redes mais precisas do mundo, com uma precisão da ordem de  $\pm 5\text{mm}$  em suas coordenadas (IBGE, [s.d.]c).

Materializada através de pinos de centragem forçada em pilares estáveis, a RBMC é monitorada pelo IBGE conjuntamente com parcerias públicas, privadas e universidades (GUIMARÃES, 2021). Os dados, coletados e armazenados constantemente, das observações do código e fase da onda portadora, são gravados e organizados na memória dos receptores, em arquivos diários, com intervalo de rastreamento de 15 segundos e alguns com taxa de 1 segundo. Estes são, então, transferidos para o Centro de Controle da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos sistemas GNSS e passam por um controle de qualidade para então ser disponibilizados para o usuário no portal do IBGE (IBGE, [s.d.]c).

As coordenadas precisas da RBMC são de imensa importância para aplicações geodésicas e topográficas, desempenhando um papel fundamental no método relativo de

posicionamento (IBGE, [s.d.]c) e hoje é essencial para a realização de obras, georreferenciamento de imóveis rurais, demarcação de terras, estudos climáticos (GOMES, 2022) e, inclusive, análise da variação do nível médio do mar, variações da crosta terrestre e outros estudos de geodinâmica (GUIMARÃES, 2021).

Figura 8 – Localização das estações da RBMC e da RMPG.

### Redes Geodésicas Ativas



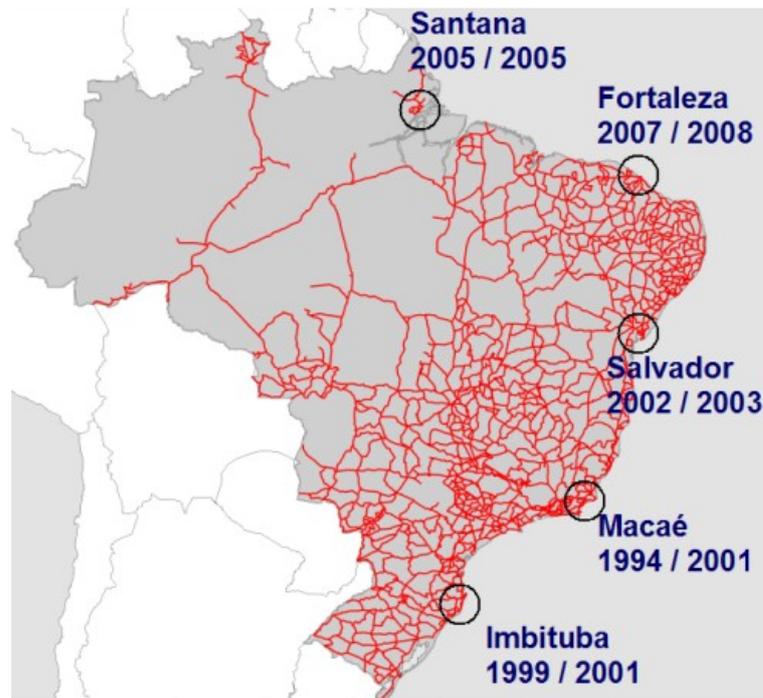
Fonte: Guimarães (2021)

### 2.3.3.2 Rede Maregráfica Permanente para Geodésia (RMPG)

Segundo IBGE (2022b) a Rede Maregráfica Permanente para Geodésia (RMPG) é um conjunto de estações maregráficas cuja finalidade é monitorar a relação entre o Datum Vertical Brasileiro (Definido em Imbituba/SC e Santana/AP) e outros níveis de referência maregráficos. Estas estações amparam estudos de modernização de altitudes brasileiras, de variação do mar (IBGE, 2022b) e também atividades como as de gerenciamento costeiro, de estudos ambientais e monitoramento e alerta de eventos extremos (IBGE, 2021b).

A materialização da RMPG teve seu princípio em 2001, quando marégrafos eletrônicos foram instalados nas estações de Macaé(RJ) e Imbituba(SC), onde já haviam marégrafos mecânicos (IBGE, 2013). Segundo IBGE (2013) as demais estações tiveram os marégrafos mecânicos e eletrônicos instalados em, respectivamente, Salvador dezembro/2002 e outubro//2004, Santana ambos em junho/2005 e Fortaleza setembro/2007 e abril/2008. Atualmente encontra-se operacional, também, a estação de Belém (PA) que pode ser visualizada na Figura 10. Na Figura 9 é possível observar a configuração espacial e temporal da instalação dos marégrafos de cada estação.

Figura 9 – Localização das estações da RMPG e as respectivas datas de instalação



Fonte: IBGE (2013).

### 2.3.3.3 Rede Altimétrica de Alta Precisão (RAAP)

A Rede Altimétrica de Alta Precisão (RAAP) pertencente ao Sistema Geodésico Brasileiro, é um sistema de referência para medição da componente vertical. Ela é composta por estações geodésicas altimétricas denominadas de Referências de Nível (RRNN) que são implantadas ao longo da malha viária do país e são determinadas pelo método de nivelamento geométrico de alta precisão (IBGE, [s.d.]b).

Segundo o IBGE ([s.d.]b) a implantação da RAAP iniciou em 1945, no extremo sul do Brasil sob a coordenação do Conselho Nacional de Geografia (CNG) e, em seguida, conexões foram feitas com redes de nivelamento realizadas pelo Serviço Geográfico do Exército (SGE) e Instituto Geográfico e Geológico (IGG). Esta, então, irradiou-se ao longo da costa brasileira em direção ao norte seguindo as regiões com maior desenvolvimento demográfico e com o estabelecimento da capital em Brasília a RAAP foi transportada para essa região. A partir da década de 1970 começou uma propagação para o interior do país com aproveitamento de redes de outras instituições.

Atualmente com quase 70 mil Referências de Nível (RRNN) espalhadas pelo Brasil, a RAAP é de suma importância para aplicações envolvendo posicionamento vertical como, por exemplo, monitoramento de adversidades associadas à elevação do nível médio do mar (IBGE, 2021b).

A RAAP transporta a origem das altitudes estabelecidas pelo Datum Vertical Brasileiro materializado pelas estações da Rede Maregráfica de Monitoramento Contínuo (IBGE [s.d.]a). Com o crescimento de novas linhas de nivelamento, evolução temporal e espacial dos Data Verticais Brasileiros, o surgimento de tecnologias GNSS e o aprimoramento de levantamentos gravimétricos (IBGE, 2021b), são feitos cálculos periódicos por meio de mínimos quadrados para modernizar a componente vertical do SGB a tornando compatível com as recomendações científicas adotadas pela Associação Internacional de Geodésia (IAG) para o Sistema Internacional de Referência para Altitude (ITRS/ITRF) que tem um objetivo de implantar um referencial global único para altitudes (IBGE, [s.d.]b).

Figura 10 – Densificação da Rede Altimétrica de Alta Precisão



Fonte: IBGE (2021). Disponível em:  
 <[https://geoftp.ibge.gov.br/cartas\\_e\\_mapas/mapas\\_do\\_brasil/redes\\_geodesicas/mapa\\_redes\\_geodesicas\\_2021.pdf](https://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/mapas_do_brasil/redes_geodesicas/mapa_redes_geodesicas_2021.pdf)>

#### 2.3.3.4 Datum Vertical do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB)

Com o início da implantação da Rede Altimétrica de Alta Precisão (RAAP) em 1945, surgiu a necessidade de estabelecer um sistema de origem das altitudes. Este sistema, chamado Datum Vertical é relacionado a observações maregráficas por um período considerável de tempo a fim de determinar o nível médio do mar na região (IBGE, [s.d.].a.). Essa concepção foi idealizada pela primeira vez por Carl Friedrich Gauss em 1829 que correlacionou a forma da Terra com o nível médio do mar prolongado para os continentes. Em 1873 J. B. Listing denominou esta superfície de geoide (IBGE, 2021b).

O primeiro Datum brasileiro foi estabelecido em Torres, litoral do Rio Grande do Sul, como um Datum provisório, pois aproveitou as observações de um marégrafo operado pela

Comissão da Carta Geral no período de 1919 a 1920 cujas observações eram referidas a um marco geodésico do antigo SGE (hoje DSG, Diretoria do Serviço Geográfico do Exército) (IBGE [s.d.]a). Em 1948 um extenso programa de colaboração entre a Inter-American Geodetic Survey (IAGS), uma antiga agência militar de mapeamento dos EUA, em conjunto com o Conselho Nacional de Geografia (CNG) e o então Departamento Nacional de Portos, Rios e Canais (DNPRC) implantaram nove marégrafos na costa Brasileira. Em 1959 o CNG introduziu um novo Datum Vertical referente a medições de um marégrafo do IAGS em Imbituba, Santa Catarina. Em 1993, a responsabilidade pela operação dos marégrafos passou para as mãos do IBGE. A partir daí houve vários procedimentos de modernização dos marégrafos e a concepção da Rede Maregráfica Permanente para a Geodésia (RMPG) (IBGE [s.d.]a).

Atualmente o Brasil possui duas origens verticais que são baseadas nas observações maregráficas em Imbituba, Santa Catarina (1949-1957) e em Santana, Amapá (1957-1958). Este último foi adotado pelo fato de o cruzamento da RAAP por meio de nivelamento geométrico de precisão entre o estuário do Rio Amazonas e da Ilha de Marajó ser impossível pela distância (IBGE, 2021b).

#### 2.3.3.5 Modelo *hgeoHNOR2020*

Com o crescimento de usuários das tecnologias GNSS a transformação da altitude geométrica ( $H$ ) em altitude ortométrica ( $h$ ) passou a ser cada vez mais necessária. Para realizar essa transformação é fundamental o conhecimento da ondulação geoidal ( $N$ ), conforme explícito na expressão (1). Apesar da amplitude da RAAP, muitos lugares não possuem uma RRNN com proximidade ou acesso ideal para a realização de nivelamento geométrico. Perante esta demanda foram elaborados modelos de ondulação geoidal por meio de interpolação. Iniciou então uma série de modelos denominados MAPGEO (MAPGEO92, MAPGEO2004, MAPGEO2010, MAPGEO2015) desenvolvidos pelo IBGE em parceria com a Universidade de São Paulo (USP).

Estes modelos foram sendo aprimorados conforme os reajustamentos da RAAP, porém devido à distribuição gravimétrica ser restrita a porções limitadas do território brasileiro acarretou em uma incerteza associada às alturas geoidais extraídas por esses modelos (IBGE, 2021a). Até então a insuficiência de observações gravimétricas levaram apenas a correção do

efeito sistemático do não paralelismo das superfícies equipotenciais dos desníveis observados que resultavam em altitude ditas ortométricas normais (IBGE, 2019).

O IBGE iniciou em 2008 uma série de campanhas de ocupação por GNSS das RRNN, mas que foram realmente intensificadas a partir de 2015. Essas campanhas demandaram um trabalho de 2,5 anos que resultou em novas altitudes normais obtidas pelo Reajustamento da Rede Altimétrica com Números Geopotenciais (REALT 2018). “Além da melhor vinculação ao campo da gravidade terrestre, este novo conjunto de altitudes reflete também os efeitos de uma extensa depuração dos desníveis de toda a rede altimétrica” (IBGE, 2021a, p.10). Isto e a alta demanda de usuários do GNSS impulsionaram a criação de um novo modelo que é chamado de hgeoHNOR 2020.

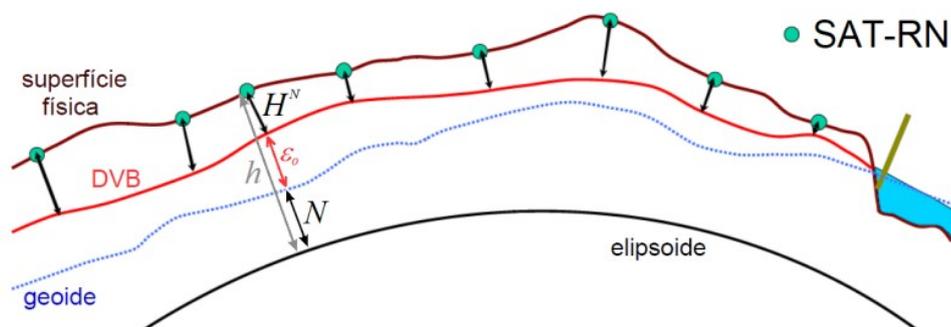
Para a obtenção do modelo foram, primeiramente, calculados os resíduos derivados da diferença entre a altitude geométrica ( $h$ ) e as altitudes normais ( $H^N$ ) obtidas no REALT2018 e a ondulação geoidal oriundas do MAPGEO2015 conforme a expressão (2) (IBGE, 2021<sup>a</sup>).

$$\varepsilon_0 = h - H^N - N \quad (2)$$

Aqui fica uma observação para evitar confusões que em Gemael, Andrade (2015) a altitude geométrica está como “H” na expressão 1 enquanto que a altitude ortométrica está como “h”. Já na expressão 2 estas nomenclaturas estão inversas, então é preciso ter atenção na hora de efetuar os cálculos.

A Figura 11 abaixo ajuda a compreender as grandezas envolvidas nesta expressão, onde DVB se refere ao Datum Vertical Brasileiro:

Figura 11 – Grandezas envolvidas no cálculo do modelo para conversão de altitudes



Fonte: Ziebart, M. et al. (2004) apud IBGE (2021a)

Estes resíduos iniciais foram apurados para cada estação e uma grade de resíduos foi calculada pela aplicação dos Mínimos Quadrados onde foi estabelecido um desvio padrão para cada ponto da grade. O resultado final é que 85% das estações tiveram resíduos finais entre  $\pm 10$  cm e 95,2% entre  $\pm 18$  cm (IBGE, 2021a).

### 2.3.4 Cartografia - Sistema UTM

A Cartografia é a ciência que se utiliza de técnicas científicas e artísticas para determinar a melhor maneira de elaboração de mapas, cartas, plantas e demais formas de representação. Quando a necessidade é a representação da superfície curva da Terra em uma superfície plana como um mapa, a Cartografia emprega o uso de projeções. As projeções cartográficas são geradas a partir superfícies matemáticas auxiliares, como o cone e o cilindro. Porém nessa transferência entre a superfície curva para a plana sempre existem deformações. Estas deformações podem ser minimizadas com a escolha da melhor superfície auxiliar que vai depender da localização geográfica e da finalidade do mapa.

O Sistema UTM (Universal Transversa de Mercator) é uma forma de divisão da Terra em zonas (ou fusos) e para cada zona é utilizada uma Projeção de Mercator Transversa Secante que foi inspirada na Projeção de Mercator (concebida pelo cartógrafo belga Gerhard Kremer, também conhecido como Mercator, no século VI) com algumas modificações.

Segundo Tuler (2016) o Sistema UTM divide a Terra em 60 fusos sendo que cada um possui  $6^\circ$  de longitude e um meridiano central. Como a projeção é secante, cada meridiano central possui um fator de escala igual a 0,9996 e o fator cresce para ambos os lados atingindo o valor 1 a aproximadamente  $1^\circ 37'$  (linha de secância, ou linha de distorção zero) do meridiano central e 1,001 nas bordas do fuso. A projeção possui o Norte da Quadrícula que coincide com o Norte Verdadeiro no meridiano central, porém nos demais pontos um ângulo é formado entre os dois e a este se denomina Convergência Meridiana (CM ou  $\gamma$ ).

As coordenadas UTM são definidas em “N” (North) e “E” (East) e dadas em metros ou quilômetros. As coordenadas “N” começam com valor 0 (zero) na linha do equador e crescem em direção ao norte, mas para o sul o valor de 10000 km é atribuído à linha do equador e o valor decresce para o sul. Já as coordenadas “E” possuem uma origem no meridiano central de cada fuso com um valor de 500 km e este valor cresce para a direita do meridiano central e decresce para a esquerda (TULER, 2016).

## 2.4 POSICIONAMENTO PLANIALTIMÉTRICO POR RECEPTORES GNSS

“Posicionamento diz respeito à determinação da posição de objetos com relação a um referencial específico” (MONICO, 2008, p. 297). A posição planialtimétrica consiste no conhecimento das coordenadas nas três dimensões X, Y e Z. Os métodos e ferramentas para a determinação da posição vêm sendo desenvolvidos ao longo dos séculos desde a Antiguidade. Porém, com surgimento das técnicas de posicionamento com o sistema GNSS, esta questão teve um salto revolucionário. Neste capítulo trataremos sobre estas técnicas e os diferentes métodos que podem ser aplicados visando a precisão necessária para cada objetivo.

### 2.4.1 Breve Histórico Sobre os Métodos de Posicionamento Navegação

Saber de se localizar sempre foi uma questão importante para o homem. Este desejo impulsionou os primeiros métodos de localização a partir dos astros. Mas foi com o surgimento da navegação marítima que esta necessidade se tornou ainda mais relevante. Porém o posicionamento pelos astros não era viável dependendo das condições climáticas e exigia um conhecimento demasiado dos navegantes. O problema maior era determinar a longitude em alto mar, já que esta não é fixada pelas leis da natureza e sim por referenciais estabelecidos pelo homem. Segundo Sobel (1996) a procura por uma solução da longitude atravessou quatro séculos e marcou o maior problema científico do século XVIII. Esta empreitada envolveu astrônomos de renome como Galileu Galilei, Jean Dominique Cassini, Christian Huggens, sir Isaac Newton e Edmond Halley, e descobertas paralelas foram feitas como determinações precisas do peso da Terra, a distância das estrelas e a velocidade da luz (SOBEL, 1996).

Ao longo dos séculos instrumentos e técnicas foram desenvolvidos como a bússola, o astrolábio, o quadrante de Davis e o sextante. Mais recentemente sistemas de posicionamento mais modernos foram criados como o Loran (Long-Range Navigation System), o Decca (Low Frequency Continuous Wave Phase Comparison Navigation) e o Omega (Global Low Frequency Navigation System), que consistiam em posicionamento por ondas de rádio emitidas por estações nas regiões costeiras. O NNSS (Navy Navigation Satellite System), também conhecido por Transit, usava efeito Doppler por meio de satélites artificiais (MONICO, 2008).

Esse obstáculo no posicionamento foi definitivamente resolvido em 1970 quando os Estados Unidos desenvolveram o NAVSTAR-GPS (Global Positioning System). Este é um sistema de abrangência global cujo propósito é permitir que o usuário possa se localizar em qualquer parte da superfície terrestre. Porém para que isto ocorra, um certo número de satélites operando ao redor do planeta é indispensável, isso se deve ao fato de que são necessários no mínimo quatro satélites presentes no horizonte do usuário e a explicação é que precisa de três satélites fornecendo sua posição para que as três coordenadas da antena do usuário sejam calculadas a partir da medição das distâncias entre satélite e receptor. Porém, devido o não sincronismo entre os relógios dos satélites e dos receptores uma quarta incógnita é adicionada, resultando na necessidade de um quarto satélite (MONICO, 2008). Quando um sistema de posicionamento por satélite atinge esse número mínimo de satélites, ele é declarado operacional.

Segundo o NAVCEN (2022) o NAVSTAR-GPS consiste em três segmentos o Segmento Espacial que hoje possui 24 satélites operacionais, e são espaçados em blocos orbitais cuja finalidade é que 6 satélites estejam à vista do usuário. O Segmento de Controle consiste em uma estação mestre em Colorado Springs e mais cinco estações de monitoramento e três antenas terrestres, espalhadas pelo resto do mundo. A função das estações de monitoramento é rastrear os satélites coletando informações e enviar essas informações para a estação mestre que faz o cálculo das órbitas dos satélites com extrema precisão. Esta informação é então formatada em forma de mensagens de navegação e transmitida para os satélites pelas antenas terrestres. O Segmento de Usuários consiste receptores, processadores e antenas que permitem aos usuários receber as transmissões dos satélites e calcular a sua posição, velocidade e tempo.

O sistema GLONASS (Global Orbiting Navigation Satellite System), também idealizado na década de 1970 e de forma independente pela antiga URSS, similarmente ao NAVSTAR-GPS, foi concebido para fornecer as coordenadas, velocidade e tempo ao usuário em nível global e foi declarado operacional na década de 1990 com uma constelação 24 satélites (MONICO, 2008). Passou por um período de degradação do sistema em virtude da falta de lançamento de novos satélites para substituir os antigos, mas na década de 2000, durante o governo de Vladimir Putin o sistema foi restaurado (EMBRAPA, 2020).

A União Europeia também embarcou em um projeto de desenvolver um sistema próprio que teve seu início em 1999 (MONICO, 2008). Denominado Galileo hoje atua a nível global com 26 satélites (GALILEO, 2021) e hoje opera em conjunto com o sistema NAVSTAR-GPS e GLONASS, possibilitando maior precisão nas medidas.

Além destes três, em 1983 a China se pôs a desenvolver seu sistema próprio que é chamado de Beidou ou COMPASS. Este também foi projetado para funcionar globalmente, com 35 satélites, sendo que 5 destes com órbitas geoestacionárias até o ano de 2020 (IBGE, 2022a).

Quando esses sistemas diversos de posicionamento por satélites foram desenvolvidos e alguns se tornando operacionais, o que antes era chamado de posicionamento pelo Navstar-GPS, passou a ser chamado de posicionamento pelo GNSS (Global Navigation Satellite System) que em português pode ser traduzido por Sistema Global de Navegação por Satélite.

#### **2.4.2 Métodos De Posicionamento Por GNSS**

Os satélites enviam sinais para o receptor com informações, como a posição deles e o sistema de tempo, que são necessárias para a determinação da posição do receptor e correção de erros (que serão descritos adiante). Essas informações quando são adquiridas em tempo real são chamadas de efemérides transmitidas. Em casos que o posicionamento não necessita ser em tempo real pode-se usar as denominadas efemérides precisas que são calculadas por centros de análise que compõem o IGS (International GNSS Service) e disponibilizadas na internet (MONICO, 2008).

O posicionamento pelo GNSS pode ser classificado em absoluto ou relativo. No posicionamento absoluto o referencial é o geocentro. Quando as coordenadas são obtidas utilizando-se das efemérides transmitidas o posicionamento absoluto é chamado de posicionamento por ponto, mas quando são empregadas as efemérides precisas este se intitula posicionamento por ponto preciso (PPP). Quando o posicionamento é relativo o referencial é materializado por um ou mais vértices com coordenadas conhecidas, ou seja “a posição de um ponto é determinada com relação à de outro(s), cujas coordenadas são conhecidas” (MONICO, 2008, p.280).

Em relação ao posicionamento relativo o rastreador pode estar parado ou em movimento, no primeiro caso então se classifica o posicionamento como relativo estático e no segundo como relativo cinemático. Muitos métodos foram desenvolvidos com a combinação do posicionamento relativo estático e cinemático. Porém para este trabalho as que nos interessa são o posicionamento relativo estático e posicionamento relativo cinemático em tempo real.

### 2.4.2.1 Posicionamento Relativo Estático

A premissa básica do posicionamento relativo é de que o usuário utilizará no mínimo dois receptores, um receptor será instalado em um ponto de coordenadas conhecidas e o segundo será utilizado no posicionamento (MONICO, 2008), atualmente o usuário pode usar apenas um receptor e, como referência, valer-se dos dados fornecidos pelo IBGE provenientes das estações da RBMC. Esta técnica se baseia no conceito de se obter observações simultâneas para que erros sejam minimizados, veja a Figura 12 abaixo. Quanto mais correlacionada forem as observações, maior será a redução dos erros. Os principais erros que são reduzidos com esta técnica são os provenientes dos relógios dos satélites e dos receptores, da refração atmosférica e de parâmetros orbitais (GEMAEL, 2015).

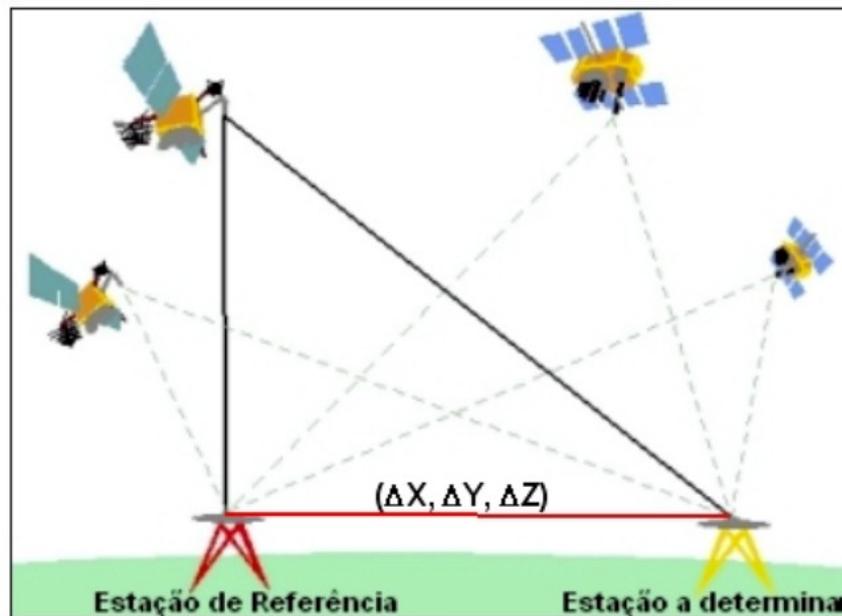
A correlação entre as medidas depende, além da simultaneidade, também do intervalo de tempo de rastreamento e da distância entre o ponto conhecido e o ponto a ser posicionado. Quanto ao intervalo de tempo, segundo Monico (2008) no posicionamento relativo estático o intervalo de tempo deve ser de no mínimo 20 minutos e quando menor que isto o método é classificado como posicionamento relativo estático rápido. Quanto à distância entre os pontos, também chamada de linha-base, o autor afirma que linhas com até 15 km de comprimento possuem uma precisão de 1,0 a 0,1 ppm. Levantamentos com linhas bases superiores necessitam de receptores de dupla frequência para alcançar precisão semelhante. Na Tabela 3 uma relação entre estes fatores podem ser verificados.

Tabela 3 – Precisão do posicionamento relativo em função do tempo de observação, equipamento utilizado e comprimento da linha de base.

Linha de Base	Tempo de observação	Equipamento Utilizado	Precisão
00 – 05 Km	05 – 10 min	L1 ou L1/L2	5 - 10 mm + 1 ppm
05 – 10 Km	10 – 15 min	L1 ou L1/L2	5 - 10 mm + 1 ppm
10 – 20 Km	10 – 30 min	L1 ou L1/L2	5 - 10 mm + 1 ppm
20 – 50 Km	02 – 03 hr	L1/L2	5 mm + 1 ppm
50 – 100 Km	mínimo. 03 hr	L1/L2	5 mm + 1 ppm
> 100 Km	mínimo. 04 hr	L1/L2	5 mm + 1 ppm

Fonte: IGN – Instituto Geográfico Nacional (España) – Curso GPS en Geodesia y Cartografía apud IBGE (2008)

Figura 12 – Esquema básico de um posicionamento relativo

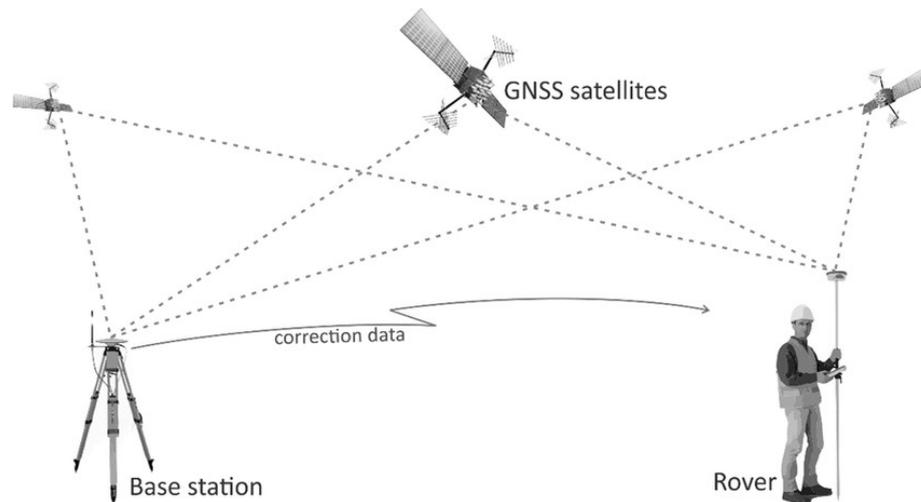


Fonte: IBGE (2008).

#### 2.4.2.2 Posicionamento Relativo Cinemático em Tempo Real (RTK)

No levantamento relativo cinemático um receptor ocupará a estação base de referência enquanto o outro permanecerá em movimento. O receptor instalado na estação base realiza as medidas de fase de batimento da onda portadora, esta observável tem um número inteiro de ciclos ambíguos, ditos ambiguidade. As correções referentes às ambiguidades são aplicadas para a determinação da posição do receptor que está em movimento (MONICO, 2008). Essas correções podem ser feitas em escritório com o uso de softwares após terminado o levantamento, mas se a tecnologia dos receptores utilizados possuírem uma forma de comunicação, que geralmente via ondas de rádio, essas correções podem ser transmitidas em tempo real do receptor base para o receptor móvel (GEMAEL, 2015). A esta última forma de medição se dá o nome de posicionamento relativo cinemático em tempo real, em inglês “Real Time Kinematic” ou RTK. O rastreador móvel pode estar em constante movimento, porém também é possível utilizar o método cinemático chamado em inglês de “stop and go”, que consiste em parar por alguns minutos no mesmo ponto, e esta forma de medição é mais precisa que a anterior. Segundo o IBGE (2008) a precisão dos métodos de posicionamento cinemático podem chegar de 1 a 10 ppm.

Figura 13 – Representação do funcionamento básico do método de posicionamento relativo cinemático em tempo real



Fonte: Nasrullah (2016). Disponível em: <[https://www.researchgate.net/figure/Real-Time-Kinematic-RTK-methods\\_fig5\\_297716315](https://www.researchgate.net/figure/Real-Time-Kinematic-RTK-methods_fig5_297716315)>

## 2.5 ERROS DE OBSERVAÇÃO

De acordo com Lima (2002) sempre haverá um grau de incerteza em qualquer medida. Estas diferenças, ou erros, podem ser provenientes da estrutura do instrumento, das condições e falhas humanas na hora de se obter a medida. A incerteza da medida é representada em precisão, que é o grau de espalhamento entre as medidas e a sua média, ou em exatidão (ou acurácia), que representa o grau de aproximação entre a média das medidas e o valor verdadeiro.

Para mensurar a precisão e exatidão de uma amostra é necessário considerar as diversas fontes de erros. Os erros podem ser classificados como grosseiros, aleatórios e sistemáticos. Os erros grosseiros acontecem por alguma condição, como uma anotação errada ou uma má utilização do equipamento, estes erros podem ser evitados com uma boa aplicação dos métodos e atenção. Já os erros aleatórios não possuem uma causa conhecida ou que pode ser evitada, mas estes podem ser identificados com métodos estatísticos e geralmente se apresentam como erros grosseiros que são valores atípicos e distantes da média. Os erros sistemáticos são os mais fáceis de identificar e evitar ou corrigir, pois possuem uma tendência para o mesmo sentido nos resultados.

### 2.5.1 Erros Sistemáticos em Observáveis GNSS

Primeiramente é necessário uma rápida explicação do que são as observáveis GNSS. Segundo Monico (2008) as observáveis básicas do GNSS são a pseudodistância e a fase da onda portadora (ou diferença de fase da onda portadora). As observáveis do GNSS consistem no método como a posição, velocidade e tempo serão determinados.

A pseudodistância é determinada pela diferença entre o tempo que o sinal foi transmitido pelo satélite e o tempo que este foi detectado pelo receptor. Existem alguns fatores que causam erros na pseudodistância mas o não sincronismo dos relógios do satélite e receptor é o que mais afeta esta observável (MONICO, 2008).

A fase da onda portadora é determinada pela parcela da fase que não completou um ciclo inteiro, ou seja, a onda emitida pelo satélite percorre o caminho até o receptor completando vários ciclos, porém ao chegar no receptor existe uma fração que não completou um ciclo, com a contagem do número de ciclos mais essa parte fracional é possível determinar a posição com uma precisão bem melhor que se utilizando da pseudodistância, por isto essa é mais utilizada em trabalhos geodésicos (MONICO, 2008).

Os erros que prejudicam a qualidade dessas duas observáveis podem ser provenientes dos satélites, da propagação do sinal ou do receptor, listados na Tabela 4 abaixo. Estes erros podem ser minimizados ou até extintos por meio de modelos matemáticos e metodologias adequadas na hora do posicionamento (MONICO, 2008).

Tabela 4 – Fontes e efeitos dos erros envolvidos no GPS (GNSS)

Fontes	Erros
Satélite	Erro da órbita; Erro do relógio; Relatividade; Atraso entre as duas portadoras no hardware do satélite; Centro de fase da antena do satélite; Fase <i>wind-up</i> .
Propagação do sinal	Refração troposférica; Refração inosférica; Perdas de ciclos; Multicaminho ou sinais refletidos; Rotação da Terra.
Receptor/Antena	Erro do relógio; Erro entre os canais; Centro de fase da antena do receptor; Atraso entre as duas portadoras no hardware do receptor; Fase <i>wind-up</i> .
Estação – (alguns erros são, na realidade, efeitos geodinâmicos que devem ser corrigidos)	Erros nas coordenadas; Multicaminho ou sinais refletidos; Marés terrestre; Movimento do polo; Carga oceânica; Pressão da atmosfera.

Fonte: Monico (2008)

### 2.5.2 Ajustamento de Observações

Algumas fontes de erros podem ser desconhecidas, porém não é impossível de mensurá-las e minimizá-las. Uma forma bastante comum de efetuar esse controle de qualidade nos resultados utilizada na Geodésia, e em outras ciências, é a realização de medidas experimentais redundantes. Quando possuímos um número redundante de observações é possível identificar a presença de erros e também melhorar a acurácia dos resultados estimados, usando o método de ajustamento de observações (MATSUOKA, 2003).

Por mais que se obtenha medidas repetidas, os valores das medidas não serão idênticos e se apresentam de forma dispersa numa certa região ou intervalo. Esta dispersão dos resultados redundantes se chama flutuações probabilísticas e causam a inconsistência do sistema de equações. Para solucionar essa inconsistência o ajustamento de observações se utiliza do Método dos Mínimos Quadrado (MMQ) desenvolvido, independentemente, por Gauss, em 1795, e Legendre, em 1805 (MATSUOKA, 2003).

### 2.5.3 Propagação de Erros

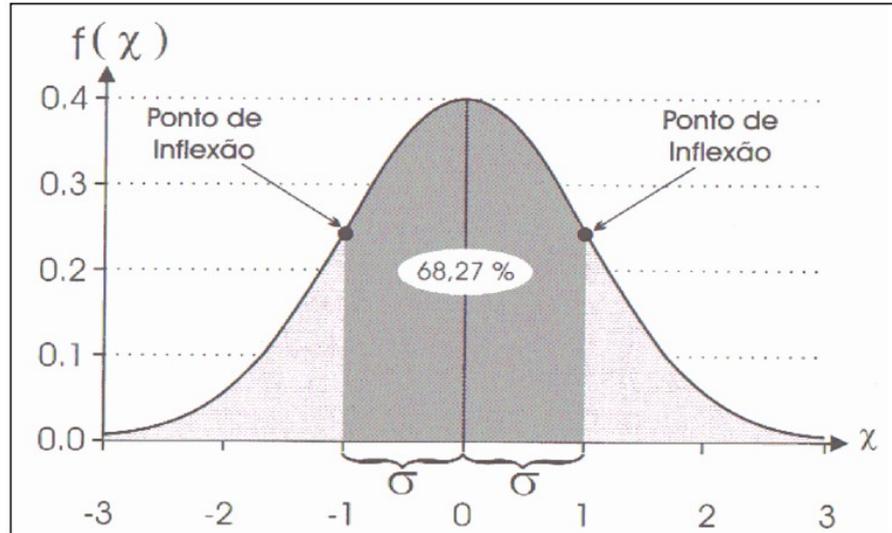
Para quantificar o grau de dispersão da amostra se utiliza o desvio padrão, que pode ser calculado a partir da raiz quadrada da variância dos resultados. A variância é a diferença quadrática média entre os valores observados e sua média. Ela é calculada pela expressão (3) abaixo:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (z_i - m)^2 \quad (3)$$

Onde “ $\sigma^2$ ” é a variância, “n” é o número de amostras, “ $Z_i$ ” é o valor amostrado e “m” é a média aritmética dos valores.

O desvio padrão define também os intervalos que quantificam a qualidade das medidas. A partir da definição desses intervalos é possível estabelecer a probabilidade de uma amostra se encontrar neste intervalo (veja a Tabela 5 abaixo) (ANDRELLO; TOGINHO FILHO, 2009). O valor da probabilidade pode ser obtido pela função de densidade de probabilidade normal ou Gaussiana (curva de Gauss). O gráfico abaixo representa essa função e sua relação com o desvio padrão. (LIMA, 2002).

Figura 14 – Gráfico da função de densidade de probabilidade normal ou Gaussiana.



Fonte: Andrade (1998) apud Lima (2002)

Tabela 5 – Relação entre o intervalo da variável, o fator de confiança, e a probabilidade de encontrar a medida dentro do intervalo.

Intervalo	Fator de confiança	Probabilidade
$[-\sigma, +\sigma]$	$\alpha = 0,683$	68,3%
$[-2\sigma, +2\sigma]$	$\alpha = 0,954$	95,4%
$[-3\sigma, +3\sigma]$	$\alpha = 0,997$	99,7%

Fonte: Andrello; Toginho Filho (2009)

Porém a medição de uma variável depende, geralmente, de vários fatores (incertezas) envolvidos que geram erros distintos até que se chegue em um resultado final. Neste caso é necessário calcular o grau de propagação desses erros que incidem sobre o resultado final. Esse grau de propagação é chamado de desvio padrão resultante e ele é calculado da seguinte forma (ANDRELLO; TOGINHO FILHO, 2009):

Considerando que “R” é o resultado final de uma medição e  $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  são as diversas incertezas envolvidas, o desvio padrão resultante é:

$$\sigma R = \sqrt{(\sigma a_1)^2 + (\sigma a_2)^2 + \dots + (\sigma a_n)^2} \quad (4)$$

Onde  $\sigma_R$  é o desvio padrão resultante e  $\{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n\}$  são os desvios padrões de cada incerteza envolvida.

## 2.6 GEOESTATÍSTICA

Em diversas áreas de estudo, que se trabalha com amostragem para o entendimento de um fenômeno, a quantidade de amostras pode ser limitada por diversos motivos, entre eles o custo-benefício e o acesso em campo. Um modelo do comportamento natural é então necessário, porém nem todos parâmetros físicos e/ou químicos são conhecidos e devido a isso se admite alguma incerteza no comportamento destes fenômenos. A Geoestatística tem como objetivo reconstruir o fenômeno natural com base nos valores amostrados. Usando, para isto estimativas e gerando algum modelo de blocos que melhor representará o fenômeno (STURARO, 2015).

### 2.6.1 Análise Estatística Dos Dados

A análise estatística dos dados é uma etapa importante a ser realizada no trabalho geoestatístico. Ela permite uma verificação da disposição espacial das amostras em um mapa de localização, presença de agrupamento preferencial das amostras, os limites máximos e mínimos das variáveis, presença de erros como os de digitação ou dados discrepantes (outliers) (FERREIRA; RODRIGUES; SANTOS, 2013).

Em seguida, métodos como a estatística univariada ou multivariada, podem ser utilizados para auxiliar no conhecimento da variável. Na estatística univariada é feita uma construção de um sumário estatístico, que é uma ferramenta útil para resumir o conjunto de dados estatísticos de medidas de tendência central e medidas de variabilidade ou dispersão (histogramas). Tais dados têm como vantagem serem compactos e futuramente ter a possibilidade de ser usados em um modelo de distribuição. Algumas desvantagens são observadas tais como a sensibilidade a valores extremos ou vazios no meio da distribuição e também a condensação de dados (STURARO, 2015).

Quando existe a necessidade de se fazer a comparação de duas variáveis que são correlacionadas de alguma forma e medir o seu grau de associação, a apresentação dos histogramas e sumários estatísticos, destas variáveis, não é suficiente. Para isto se usa a

estatística bivariada, que analisa como uma variável se comporta na presença de outra (STURARO, 2015).

### **2.6.2 Modelagem Numérica de Terreno**

Tendo em vista que, por maior que seja a amostra, ela nunca representará totalmente o fenômeno. Para estimar os valores que não foram viáveis de mensurar a estatística vale-se de Modelos Numéricos de Terreno (MNT). Para tanto, o espaço a ser estimado é dividido em formas regulares (quadrados ou retângulos) criando, assim uma malha que se chama modelo de blocos. Alguns fatores devem ser considerados para que se determine as dimensões do modelo de blocos, entre eles: o maior tamanho possível, para reduzir o custo computacional, porém a dimensão deve ser ao menos metade do tamanho da menor característica do fenômeno a ser modelado para que não haja neutralização. Cada ponto desta malha é então estimado com o uso de interpoladores, que são modelos matemáticos de estimativa (CAMARA; MEDEIROS, 1998).

### **2.6.3 Interpoladores**

Como dito anteriormente, interpoladores são modelos matemáticos para realizar a estimativa de um ponto desconhecido a partir de uma amostra. Existem diversos interpoladores diferentes e a escolha de qual deverá ser utilizado passa por testes de validação cruzada e dependerá das características da amostra e do fenômeno a ser representado (FERREIRA; RODRIGUES; SANTOS, 2013). Silva (2015), em seu trabalho de conclusão de curso, fez esses testes entre os interpoladores “Vizinho mais Próximo”; “Inverso da Distância Ponderada”; “SPLINE” e Krigagem, exatamente na mesma localização da área de estudo deste trabalho e chegou no resultado de que o interpolador mais adequado para esta região é o de krigagem.

Na Krigagem uma ponderação de pesos é atribuído às amostras. Esta ponderação levará em conta o número, qualidade, posição e a distância entre as amostras e o ponto estimado, também será considerada a continuidade espacial da variável a ser estimada, o que faz a krigagem ser, geralmente, mais adequada para estimativas de dados geoespaciais (FERREIRA; RODRIGUES; SANTOS, 2013).

### 2.6.4 Validação Cruzada

A validação cruzada permite avaliar a precisão do modelo escolhido. Para isto um valor conhecido da amostra é, temporariamente retirado dos cálculos, e então uma estimação é feita para este mesmo ponto usando o modelo de interpolação em questão. O mesmo procedimento é realizado ponto a ponto e a diferença entre o ponto amostrado e o valor estimado pode ser mensurada, bem como seu desvio padrão e grau de correlação.

O coeficiente de correlação serve para avaliar o quão relacionadas estão duas variáveis, no caso da validação cruzada seria o valor da amostra e o valor estimado. Para determiná-lo primeiro é realizado o cálculo da covariância que é considerada uma medida de dependência linear entre as duas variáveis (STURARO, 2015). Para calcular a covariância entre duas variáveis é utilizada a expressão 5 abaixo:

$$C_{XY} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - m_x)(y_i - m_y) \quad (5)$$

Onde: X e Y são as variáveis;  $x_i$  e  $y_i$  é o valor da variável e  $m_x$  e  $m_y$  são as médias das variáveis e n é o número de pares de amostras. Quanto mais próximo de zero, menos relacionadas estão as variáveis.

Já o coeficiente de correlação ( $\rho$ ) é calculado da seguinte forma:

$$\rho = \frac{\text{COV}}{\sigma_x \sigma_y} \quad (6)$$

Onde:  $\rho$  é o coeficiente de correlação, COV (ou  $C_{XY}$ ) é a covariância calculada com a fórmula anterior e  $\sigma_x$  e  $\sigma_y$  são os desvios padrão de cada variável.

O coeficiente de correlação varia de +1 a -1, sendo que próximo ao valor +1 mais perfeita e direta é a relação, e quanto mais próximo de -1, mais perfeita é a relação, porém inversa. Quanto mais próximo de zero, menos correlacionadas estão as variáveis (STURARO, 2015). O grau de correlação pode também ser observado em um gráfico de dispersão (scatterplot) e uma linha de tendência das amostras.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

*Neste capítulo serão apresentadas as metodologias utilizadas durante o trabalho, bem como seu desenvolvimento prático.*

#### 3.1 PLANEJAMENTO

Com o objetivo de otimizar o máximo de tempo e recursos financeiros, principalmente, foi feito um planejamento sobre as atividades que seriam necessárias para o desenvolvimento do trabalho. Dentre essas a mais importante em ser previamente definida é o levantamento de campo, pois é a parte mais onerosa do projeto. Para isto, foi feita uma análise da área de estudo, da metodologia mais adequada e dos materiais necessários. Veja a Figura 15 do fluxograma abaixo.

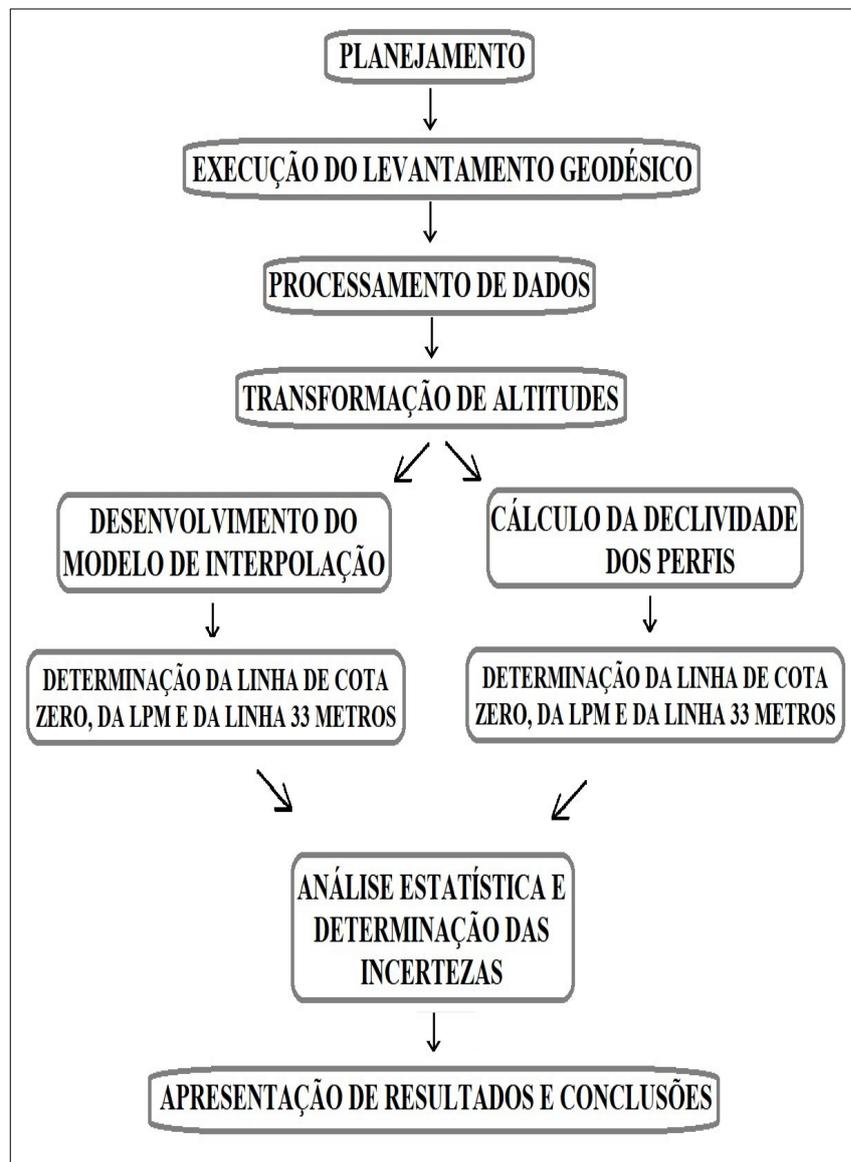
Quanto à escolha da área de estudo, dos motivos mais determinantes foram que: na cidade de Imbé a UFRGS encontra-se um campus da UFRGS, o Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos (CECLIMAR) e em Tramandaí a Colônia de Férias (hoje Centro de Inovação UFRGS Litoral), ambos servindo de amparo e abrigo para este trabalho e também para uma série de estudos e pesquisas universitárias. Entre estes estudos encontra-se o trabalho desenvolvido por Andrade; Nunes e Toldo (2018) denominado “*Tidal and subtidal oscillations in a shallow water system in southern Brazil*” e que é primordial para o desenvolvimento deste projeto pois fornecerá dados necessários para a definição da Linha de Preamar Média.

Também é de suma importância que os levantamentos sejam feitos durante as marés baixas, principalmente nas marés de sizígia que é quando a maré baixa estará na sua menor altitude. Isso garante a possibilidade de se obter cotas negativas que são essenciais para a qualidade do trabalho.

O sistema de referência planimétrico adotado é o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas – SIRGAS2000, esse é o sistema utilizado pelo Sistema Geodésico Brasileiro (SBG), materializado no Brasil pela Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC, além de ser um sistema compatível com o sistema de referência utilizado pelo GNSS. O sistema de projeção é o Sistema UTM (universal transversa de mercator), no seu fuso 22 sul.

O sistema de referência altimétrico é o Datum Vertical de Imbituba, materializado pela Rede Altimétrica de Alta Precisão. Porém, como a Referência de Nível (RRNN) mais próxima a Imbé e Tramandaí se encontra em Osório, na BR116, distante cerca de 17km (em linha reta) da área de estudo, tornando o método clássico de nivelamento geométrico inviável para este trabalho, a alternativa é obter os coeficientes de transformação das altitudes geométricas, obtidas por levantamento com GNSS, em ortométricas através do modelo de ondulação geoidal  $h_{geoHNOR2020}$  fornecido pelo IBGE.

Figura 15 – Fluxograma das Etapas do Trabalho



## 3.2 MATERIAIS E RECURSOS HUMANOS

### 3.2.1 Equipamentos

Na execução deste trabalho os materiais utilizados foram:

- Bastão;
- Cadernetas e materiais de anotação;
- Celulares;
- Dois pares de receptores Topcon Hiper Lite+(L1/L2) com suporte ao módulo RTK;
- Duas Coletoras FC250;
- EPI (Equipamento de proteção individual);
- Notebook: Samsung Essentials – Intel®, Celeron®;
- Quatro Tripés;
- Trena;
- Veículos para deslocamentos da equipe de levantamento e cadastro;

### 3.2.2 Dados

Os dados utilizados no trabalho são:

- Dados coletados no levantamento de campo;
- Dados fornecidos pelo IBGE tais como:
  - a) Dados das Estações da RBMC;
  - b) Dados obtidos pelo modelo hgeoHNOR2020;
- Dados obtidos no trabalho desenvolvido por Andrade; Nunes e Toldo (2018);

### 3.2.3 Softwares

Os softwares utilizados no trabalho foram:

- Aplicativo UTM Geo Map;
- LibreOffice Calc;
- LibreOffice Writer;
- QGIS 3.10;
- Surfer 8;
- Topcon Tools;

### 3.2.4 Recursos Humanos

Para a execução do trabalho de campo foi necessário a seguinte equipe:

- 1 Professor orientador;
- 1 Aluno de graduação;
- 1 Auxiliar;
- 1 Motorista;

## 3.3 EXECUÇÃO DO LEVANTAMENTO GEODÉSICO

O levantamento de campo aconteceu em duas épocas diferentes, a primeira foi nos dias 24 e 25 de Outubro de 2021 e a segunda no dia 19 de Agosto de 2022. A seguir serão descritas as etapas destes levantamentos.

### 3.3.1 Levantamento de 24 e 25 de Outubro de 2021

As atividades de campo foram realizadas nos dias 24 e 25 de junho de 2021. Partimos do Campus do Vale da UFRGS, em torno das 7 horas e perto das 10 horas da manhã chegamos em Tramandaí. Durante o período da manhã realizamos atividades voltadas ao

trabalho de conclusão de curso do Júlio Cezar Costa Alves e Rodrigo Fernandes Ribeiro, estudantes de graduação do curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, que realizavam levantamento de campo no loteamento Portelinha em Tramandaí. O motivo para isto foi, primeiro que os mesmos equipamentos que estavam sendo usados nestas atividades e eram necessários para este trabalho, e segundo, para uma atualização e familiarização em relação ao manuseio destes.

De tarde a equipe se dividiu, parte dela foi instalar um receptor em um marco existente na entrada do Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos (CECLIMAR) que permaneceu ali por cerca de três horas rastreando no módulo estático.

Figura 16 – Fotografia do marco estabelecido no CECLIMAR

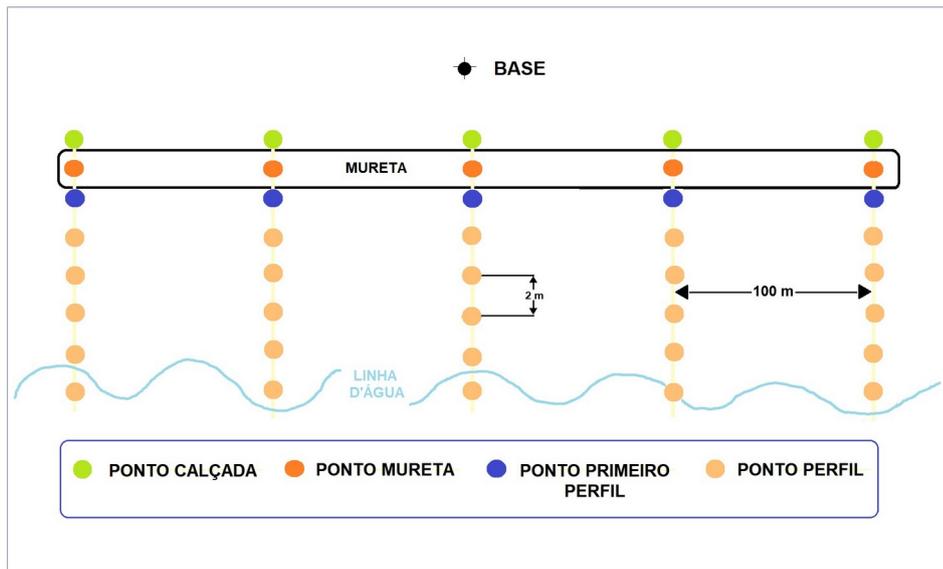


Fonte: Autoria Própria (2021)

A outra parte da equipe dirigiu-se para a praia no município de Imbé onde seriam realizadas as atividades de levantamento com o RTK. Foi escolhido um ponto para instalar o receptor, que serviria de base para essas atividades, aproximadamente em frente à guarita 134 dos Salva-Vidas. O método para a realização dos levantamentos naquele trecho foi o de fazer medições de perfis transversais à linha da praia, com um espaçamento médio de 100 metros entre os perfis e 2 metros entre os pontos. Esta metodologia foi inspirada em trabalhos semelhantes, como o de Lima (2002) e Limoeiro (2016). Pontos da mureta e da calçada

também foram medidos com o objetivo de se estabelecer uma referência estável. Os pontos da calçada e os primeiros pontos dos perfis foram medidos ao pé desta mureta, veja a Figura 17 para um melhor entendimento. Para que em campos futuros fosse possível o reconhecimento da posição destes perfis e para uma melhor orientação em campo, foram usados como referência os postes de luz que se situavam mais perto possível de cada perfil.

Figura 17 – Croqui explicativo da metodologia e estratégia de levantamento de campo



Fonte: Autorial Própria (2022)

Foram levantados sete perfis, totalizando 81 pontos, como configuração do levantamento foi determinado que só seriam gravados os pontos que obtivessem precisão igual ou inferior que 0,015 metros na horizontal e 0,020 metros na vertical, esta configuração foi utilizada em todos os levantamentos posteriores. Por volta das 17:00 horas o trabalho foi finalizado e nos dirigimos para recolher o receptor que estava rastreando o marco no CECLIMAR. Segue abaixo a Tabela 6 com os dados anotados em campo deste dia.

Tabela 6 – Dados de anotação de campo do dia 24 de Outubro de 2021.

LEVANTAMENTOS DO DIA 24/10/21						
	RECEPTOR	COLETORA	HORA INÍCIO	TEMPO DE	ALT. ANTENA	
	TIPO	NUM.		RASTREIO	(m)	
EST.						
CECLIMAR	BASE	8353	13237	14:26	03:03:20	1,483
RTK IMBE 81	BASE	8354	13197	-----	-----	-----
PONTOS	ROVER	8352	13197			2,00

Fonte: Autoria Própria (2021)

No dia 25 de Outubro de 2021 os trabalhos iniciaram por volta das 09 horas. Primeiro a equipe dirigiu-se para o CECLIMAR onde foi instalado um receptor no mesmo marco do dia anterior. Em seguida nos dirigimos à praia de Imbé e lá rastreamos no módulo estático, por cerca de 48 minutos, o mesmo ponto que serviu de base para o levantamento com RTK realizado no dia anterior. Após, finalizamos este rastreamento e nos dirigimos à Colonia de Férias da UFRGS e lá foi fixado um piquete e neste instalamos um receptor para rastrear o ponto no módulo estático.

Figura 18 – a) Fotografia do ponto Base na praia de Imbé. b) Fotografia do ponto Base na Colônia de Férias.



Fonte: Autoria Própria (2021)

De tarde fomos para a praia de Tramandaí. Lá instalamos uma base a uns 60 metros para o sul da guarita 147 dos Salva-Vidas, na praça de ginástica, para o levantamento com RTK. Lá foram medidos 141 pontos em oito perfis, seguindo a mesma lógica do levantamento em Imbé do dia anterior. Quando este trabalho foi finalizado e a base que estava configurada para o módulo RTK foi configurada para o módulo estático e o mesmo ponto foi rastreado por

mais 40 minutos. Finalizando, nos dirigimos para o CECLIMAR em Imbé para recolher o equipamento que estava rastreando por cerca de 08:24 horas o marco naquele lugar. Depois, nos dirigimos à Colônia de Férias, em Tramandaí e recolhemos e guardamos o equipamento que lá estava por cerca de 06:42 horas. Seguem, na Tabela 7 abaixo os dados obtidos naquele dia. Na Figura 19 estão representados os pontos que foram medidos com o RTK nestes dias.

Tabela 7 – Dados de anotação de campo do dia 25 de Outubro de 2021.

LEVANTAMENTOS DO DIA 25/10/21						
	RECEPTOR		COLETORA	HORA	TEMPO DE	ALT. ANTENA
	TIPO	NUM.		INÍCIO	RASTREIO	(m)
EST. CECLIMAR	BASE	8353	13237	9:45	08:24:04	1,333
EST. IMBE	BASE	8349	13237	10:14	00:48:25	1,541
EST. COL.	BASE	8349	13237	11:45	06:42:27	1,194
RTK TRAMANDAÍ	BASE	8354	13197	14:56	-----	1,408
141 PONTOS	ROVER	8352	13197			2,00
EST. TRAMANDAÍ	BASE	8354	13197	17:07	00:40:00	1,408

Fonte: Autoria Própria (2021)

Figura 19 – Pontos levantados em forma de perfis transversais à linha d'água nas prais de Imbé e Tramandaí, respectivamente, em 2021.



Fonte: Autoria Própria (2021)

### 3.3.2 Levantamento de 19 de Agosto de 2022

No dia 19 de Agosto de 2022 foi realizada outra saída de campo. A equipe partiu de Porto Alegre em torno das 07 horas e chegou em Tramandaí por volta das 09 horas e 40 minutos. Desta vez o levantamento começou na praia de Tramandaí. O receptor GNSS foi instalado como base aproximadamente no mesmo lugar que no levantamento do dia 25 de Outubro de 2021, porém não foi possível a identificação exata do ponto porque nenhuma marcação permanente foi feita no levantamento anterior. O método de levantamento foi semelhante que o descrito pela Figura 17, mas, para uma melhor identificação da posição dos perfis, foi utilizado o aplicativo UTM Geo Map instalado em um smartfone com os dados do campo anterior, para uma melhor localização das linhas dos perfis e os postes que haviam sido referência no campo anterior. Porém, como este campo foi realizado no inverno (o anterior foi durante a primavera) estava muito frio para entrar na água e a maré estava mais alta, portanto não foi possível levantar todos os perfis exatamente no mesmo alinhamento e nem entrar no mar como no levantamento anterior. Como resultado foram levantados 58 pontos em oito perfis e por volta das 13 horas encerramos esta atividade.

Pela tarde a equipe se dirigiu para a praia de Imbé para realizar o levantamento. Lá foram levantados 73 pontos e oito perfis, a metodologia foi igual à utilizada pela manhã e pelos campos anteriores e os mesmos problemas provocados pela maré alta e o frio foram encarados o que resultou em alguns alinhamentos de perfis em posições diferentes dos do campo anterior. Após finalizadas as atividades com o RTK o mesmo ponto de base foi rastreado no módulo estático por cerca de uma hora. Neste meio tempo, parte da equipe se dirigiu ao Centro de Inovação, onde havia sido instalado um piquete no ano anterior, e este ponto também foi rastreado no módulo estático por quase uma hora e meia. Finalizado o rastreio em Imbé, por volta das 17:15 horas, a equipe retornou ao ponto base da praia de Tramandaí e rastreou este por cerca de meia hora. Finalizando este, a equipe foi recolher o equipamento que estava operando no ponto do Centro de Inovação e então, por volta das 18:20 horas a equipe finalizou tudo e foi descansar. O retorno para Porto Alegre foi no dia seguinte pela manhã.

É importante salientar que mesmo tendo sido planejado que as atividades de campo deveriam priorizar momentos de marés mais baixas e de preferência marés de sizígia, tivemos o contratempo da pandemia de Covid 19 que atrasou muitos trabalhos de conclusões de curso e outras atividades e a escolha das datas não foi uma opção.

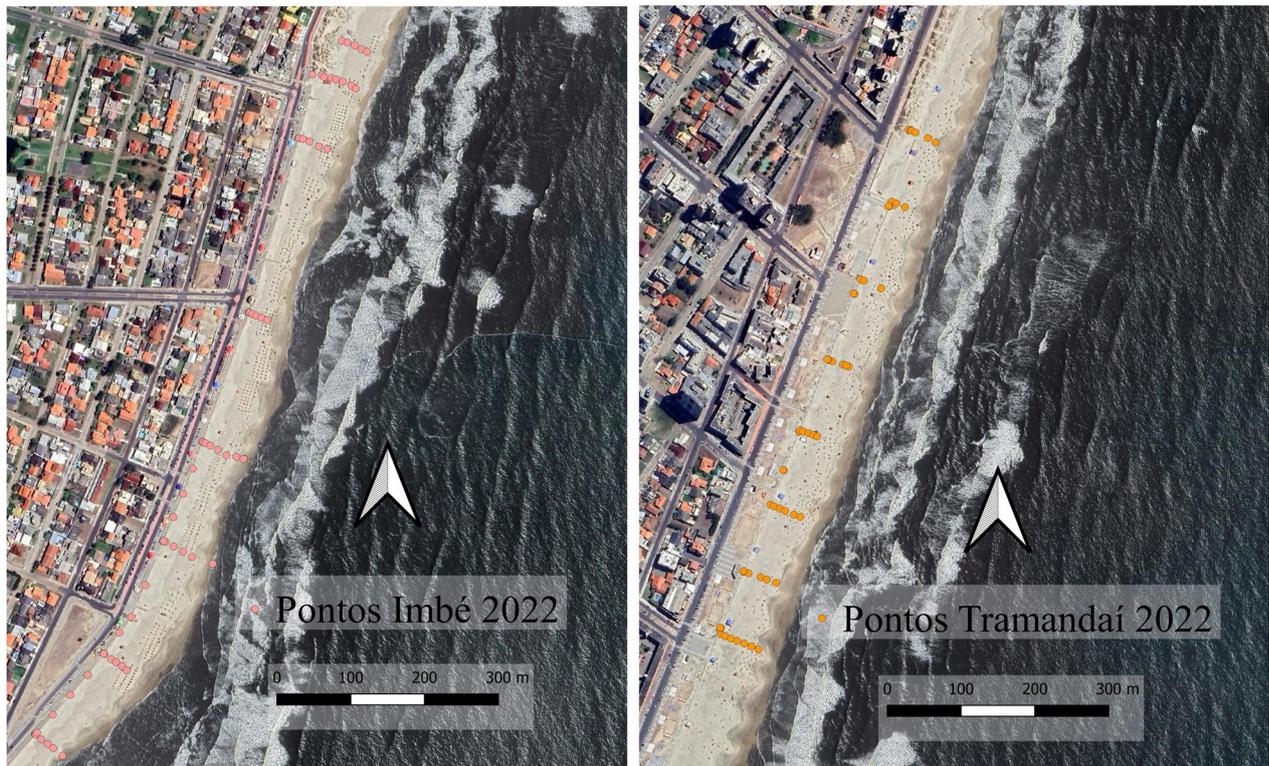
Os dados levantados neste dia seguem abaixo na Tabela 8 e na Figura 20 é possível visualizar a posição dos dados obtidos nos levantamentos com RTK em Imbé e Tramandaí.

Tabela 8 – Dados de anotação de campo do dia 19 de Agosto de 2022.

LEVANTAMENTOS DO DIA 19/08/22						
	RECEPTOR		COLETORA	HORA INÍCIO	TEMPO DE RASTREIO	ALT. ANTENA (m)
	TIPO	NUM.				
RTK TRAMANDAÍ	BASE	8354	13237	10:10	01:36:52	1,464
58 PONTOS	ROVER	8349	13237			2,00
RTK IMBÉ 73	BASE	8354	13237	14:41	01:20:20	1,434
PONTOS	ROVER	8349	13237			2,00
EST. IMBÉ	BASE	8354	13237	16:08	01:02:05	1,434
EST. CENT. INOV.	BASE	8349	13237	16:39	01:28:55	1,712
ESTA. TRAMANDAÍ	BASE	83454	13237	17:28	00:30:25	1,548

Fonte: Autoria Própria (2022)

Figura 20 – Pontos levantados em forma de perfis transversais à linha d'água nas prais de Imbé e Tramandaí, respectivamente, em 2022.



Fonte: Autoria Própria (2022)

Figura 21 – Fotografia do Ponto de Base para o RTK do Levantamento de Tramandaí 2022.



Fonte: Autoria Própria (2022)

## 4 RESULTADOS E ANÁLISES

*Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos durante o trabalho, sendo separados por cada etapa e no final uma análise de acurácia será exibida.*

### 4.1 PROCESSAMENTO DE DADOS

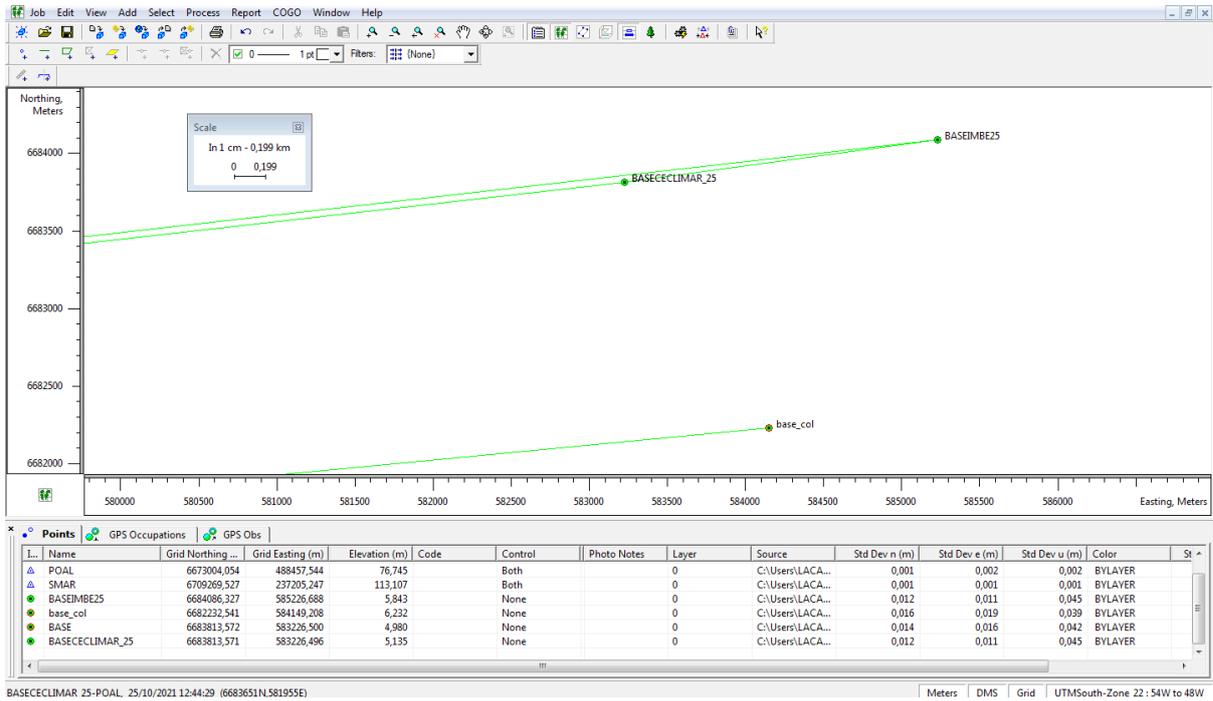
Os arquivos obtidos com os receptores GNSS e coletoras foram descarregados e processados através do software Topcon Tools. Como auxílio foram utilizadas as anotações feitas em campos para a conferência dos dados coletados e as informações no software necessárias ao processamento, como inserção do tipo de antena, correção da altura da mesma, entre outros.

Porém, por conta da pandemia de Covid 19, com a universidade funcionando em maior parte de forma remota, os dados coletados em Outubro de 2021 só puderam ser processados no final de Setembro de 2022. Nesta data, na hora de realizar o processamento, constatou-se que os arquivos obtidos pelo GNSS 8354 foram perdidos. Estes arquivos correspondiam justamente aos dados das bases utilizadas pelos levantamentos RTK de Imbé e Tramandaí nos dias 24 e 25 de Outubro de 2021, e do rastreamento estático da base de Tramandaí (mesmo ponto que a base do RTK) da mesma data.

A partir de agora para simplificar a escrita e a compreensão do relatório, os dados de campos obtidos nos dias 24 e 25 de Outubro de 2021 serão chamados de “Imbé 2021” e “Tramandaí 2021”. De forma semelhante, os dados obtidos no dia 19 de Agosto de 2022 serão tratados como “Imbé 2022” e “Tramandaí 2022”.

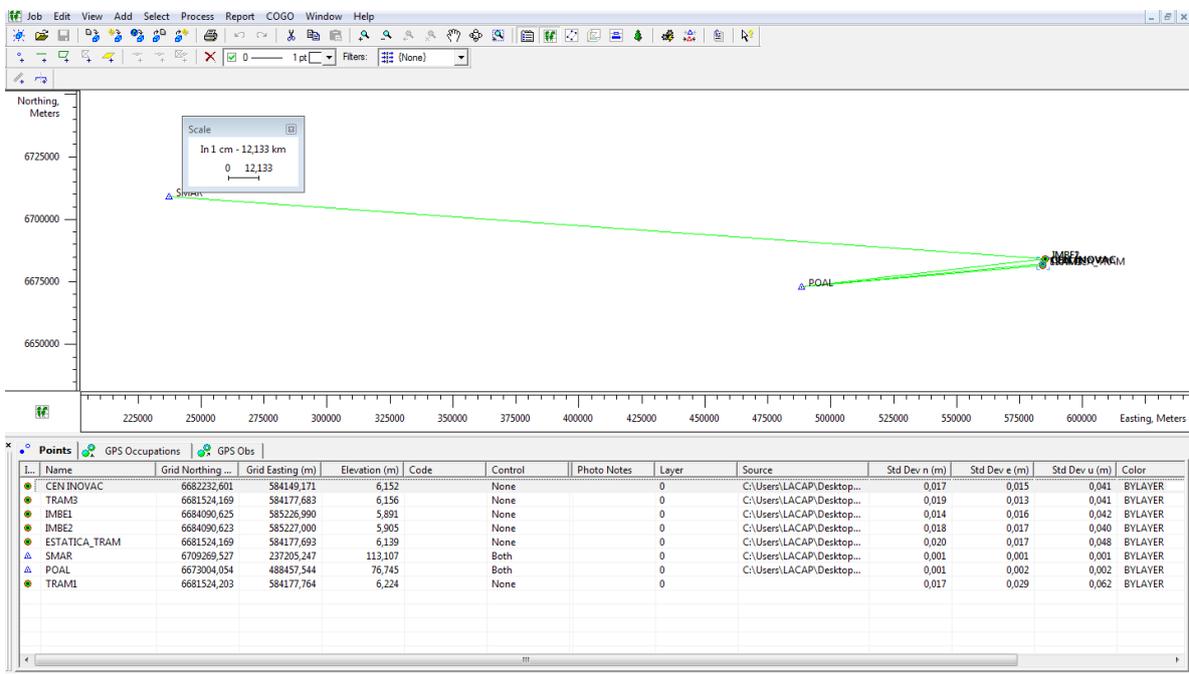
Para realizar o processamento relativo das bases foram baixados os arquivos RINEX respectivos às estações POAL (Porto Alegre, RS), SMAR(Santa Maria, RS) e IMBT(Imbituba, SC) relativos as datas dos levantamentos. Após alguns testes o resultado mais satisfatório foi usando apenas a estação POAL para processar os dados de Imbé 2021 e Tramandaí 2021 (Figura 22). Para o processamento de Imbé 2022 e Tramandaí 2022 a melhor combinação foi com os dados das estações POAL e SMAR (Figura 23).

Figura 22 – Processamento das bases levantadas em 24 e 25 de Outubro de 2021.



Fonte: Autoria Própria (2022), software Topcon Tools.

Figura 23 – Processamento das bases levantadas em 19 de Agosto de 2022.



Fonte: Autoria Própria (2022), software Topcon Tools.

Outro problema enfrentado foi que não foi possível realizar o processamento dos pontos levantados com RTK no software Topcon Tools. Portanto o processamento foi feito no software LibreOffice Calc.

A seguir serão apresentados os resultados obtidos pelo processamento dos dados coletados em campo. Os dados coletados e processados das bases podem ser verificados na Tabela 9 abaixo.

Tabela 9 – Dados coletados e processados das bases.

NOME DA OBRA		COORDENADAS BRUTAS			COORDENADAS PROCESSADAS			Desvio Padrão			Tempo de Rastreo
		N	E	H	N	E	H	n	e	u	
LEVANTAMENTOS DO DIA 24/10/21											
EST. CECLIMAR	BASE_CECLIMAR_24	6683813.329	583227.502	12.826	6683813.577	583226.5	4.98	0.014	0.016	0.042	03:03:20
LEVANTAMENTOS DO DIA 25/10/21											
EST. CECLIMAR	BASECECLIMAR_25	6683812.094	583229.177	-6.943	6683813.571	583226.496	5.135	0.012	0.011	0.045	08:24:04
EST. IMBE	BASEIMBE25	6684085.9	585227.991	2.09	6684086.327	585226.688	5.843	0.012	0.011	0.045	00:48:25
EST. COL.	base_col	6682229.527	584152.989	0.388	6682232.541	584149.208	6.232	0.016	0.019	0.039	06:42:27
LEVANTAMENTOS DO DIA 19/08/22											
RTK TRAMANDAÍ 58 PONTOS	TRAM3	6681523.134	584181.014	14.991	6681524.169	584177.683	6.155	0.019	0.013	0.041	01:36:52
RTK IMBÉ 73 PONTOS	IMBE1	6684092.657	585229.435	2.081	6684090.625	585226.99	5.816	0.014	0.016	0.042	01:20:20
EST. IMBÉ	IMBE2	6684089.65	585224.185	11.947	6684090.613	585226.975	5.816	0.018	0.017	0.04	01:02:05
EST. CENT. INOV.	CEN_INOV	6682233.134	584148.865	4.585	6682232.602	584149.171	6.156	0.0017	0.0015	0.0041	01:28:55
ESTA. TRAMANDAÍ	ESTATICA TRAM	6681524.024	584180.401	18.919	6681524.169	584177.694	6.144	0.02	0.017	0.048	00:30:25

Fonte: Autoria Própria (2022)

#### 4.1.1 Processamento de Dados de Imbé 2021

Como dito anteriormente, os dados da estação base do RTK deste campo foram perdidos. Mas temos os dados dos pontos levantados e que ficaram gravados na coletora. E foi feito um levantamento relativo estático neste mesmo ponto, então as coordenadas processadas deste foram utilizadas para fazer a correção dos pontos levantados.

Sabendo que o ponto BASEIMBE25 (pelo método relativo estático) é o mesmo ponto BASE\_IMBE1(método RTK), as coordenadas de ambos deveriam ser as mesmas. Mas isto não acontece porque o método relativo estático é mais exato que o relativo cinemático em tempo real. Portanto a diferença entre esses pontos foi calculada para cada coordenada. Os valores desse cálculo estão disponíveis na Tabela 10 abaixo, sendo que  $\Delta$  é a diferença entre cada coordenada, portanto teremos um  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  e  $\Delta h$ . Essas diferenças foram usadas como um fator de correção nos demais pontos levantados. Como essa correção foi feita a partir de uma

única referência, o desvio padrão calculado no processamento da base “BASEIMBE25” será o mesmo para os demais pontos.

Os resultados dos cálculos das diferenças entre as bases do levantamento de Imbé 2021 estão apresentados na Tabela 10 abaixo e os valores dos demais pontos desse processamento encontra-se no Apêndice A.

Tabela 10 – Valores derivados do cálculo da diferença entre os pontos BASEIMBE25 e BASE\_IMBE1.

NOME	TIPO	X (m)	Y(m)	h (ELIP) (m)
BASEIMBE25	BASE (B)	6684086.327	585226.688	5.843
BASE_IMBE1	PONTO (P)	6684083.180	585228.099	17.611
$\Delta=B-P$		3.147	-1.411	-11.768

Fonte: Aatoria Própria (2022)

#### 4.1.2 Processamento de Dados de Tramandaí 2021

Da mesma forma que o levantamento de Imbé 2021, o levantamento de Tramandaí 2021 também teve o arquivo de sua base perdido. Porém este caso é mais grave, pois o arquivo do rastreamento no módulo estático também se perdeu, o que deixou esse levantamento sem uma base de referência. Porém pontos foram coletados na calçada, em cima da mureta e na praia ao pé da mureta. Como essas feições são estáveis e foram levantadas tanto no levantamento de Tramandaí 2021 quanto no levantamento de Tramandaí 2022, estas foram utilizadas como parâmetro para correção dos demais pontos levantados em Tramandaí 2021. A metodologia adotada para isto será explicada a seguir e será dividida em cálculo da correção da horizontal e cálculo da correção da vertical.

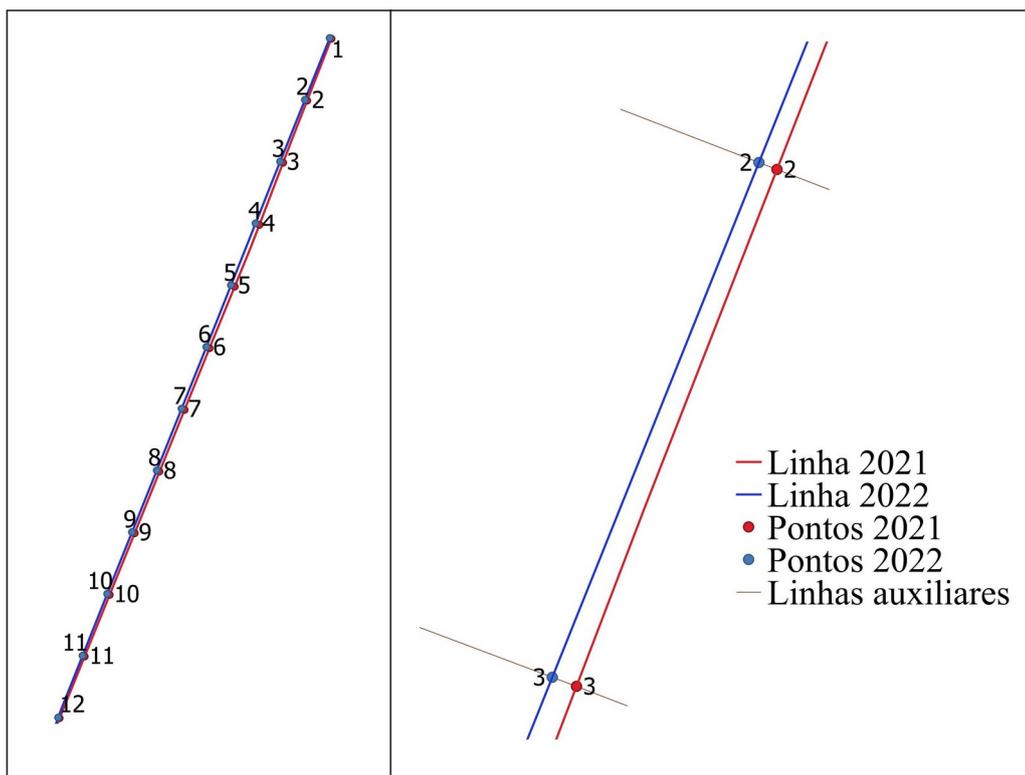
##### 4.1.2.1 Cálculo da correção horizontal

Para realizar esse procedimento, os pontos levantados foram separados em arquivos diferentes entre pontos de CALÇADA, pontos de MURETA, e PRIMEIROS PONTOS PRAIA. Nem sempre os pontos de CALÇADA e de MURETA foram medidos com um mesmo rigor horizontal como os PRIMEIROS PONTOS PRAIA. Porém todos PRIMEIROS PONTOS PRAIA foram coletados com o bastão encostado na mureta. Já os outros tiveram algumas variações neste sentido. Portanto esses PRIMEIROS PONTOS PRAIA, de 2021 e

2022, foram inseridos no software QGIS e arquivos vetoriais de linha no formato shapefile foram gerados a partir deles. A estes arquivos shapefile foram dados os nomes de “Linha 2021” e “Linha 2022” que correspondem à linha da mureta para o lado do mar.

A posição da Linha 2022 passou a ser referência para a da Linha 2021, mas para calcular a diferença entre elas foi necessário determinar pontos que fossem análogos em ambas. Para demarcar os pontos análogos foram desenhadas linhas que fossem ortogonais à Linha 2022 (que é a referência) e os pontos foram marcados na intersecção entre essas linhas (Linhas auxiliares) e as Linhas de 2021 e 2022. As linhas auxiliares foram separadas em 50 metros e cada cruzamento gerou 12 pontos na Linha de 2021 e 12 pontos na Linha de 2022, veja a Figura 24 abaixo. Desses pontos foi gerada uma tabela com suas coordenadas planimétricas.

Figura 24 – Distribuição dos pontos análogos.



Fonte: Autoria Própria (2022)

De posse das coordenadas dos pontos análogos, foi possível realizar o cálculo das diferenças  $\Delta X$  e  $\Delta Y$  entre cada um deles. Destas diferenças foram calculadas a média, a variância e o desvio padrão. As médias ( $\Delta X$  e  $\Delta Y$ ) dessas diferenças foram usadas, então, para a correção planimétrica dos demais pontos levantados.

Na Tabela 11 abaixo estão as coordenadas adquiridas no QGIS dos pontos análogos referentes ao levantamento de Tramandaí 2021 e Tramandaí 2022, e o cálculo das diferenças ( $\Delta$ ) para cada uma delas.

Tabela 11 – Cálculo das diferenças entre os pontos análogos em metros.

TRAMANDAÍ 2021			TRAMANDAÍ 2022			DIFERENÇAS	
ID	X (m)	Y (m)	ID	X (m)	Y (m)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)
1	584308.395	6681834.647	1	584307.191	6681835.114	1.2044	-0.4673
2	584290.310	6681788.032	2	584288.694	6681788.659	1.6160	-0.6270
3	584272.356	6681741.367	3	584270.190	6681742.187	2.1656	-0.8206
4	584254.658	6681694.602	4	584251.819	6681695.679	2.8390	-1.0772
5	584236.230	6681648.120	5	584233.521	6681649.222	2.7084	-1.1017
6	584217.423	6681601.788	6	584215.128	6681602.725	2.2947	-0.9364
7	584198.810	6681555.395	7	584196.626	6681556.281	2.1841	-0.8863
8	584180.009	6681509.064	8	584178.120	6681509.831	1.8889	-0.7665
9	584161.580	6681462.603	9	584159.620	6681463.395	1.9602	-0.7923
10	584142.912	6681416.207	10	584141.122	6681416.931	1.7899	-0.7234
11	584124.241	6681369.835	11	584122.717	6681370.451	1.5238	-0.6159
12	584105.504	6681323.479	12	584104.517	6681323.878	0.9870	-0.3990

Fonte: Autoria Própria (2022)

Abaixo seguem os valores de Média, Variância e desvio padrão desses resultados apresentados na tabela anterior.

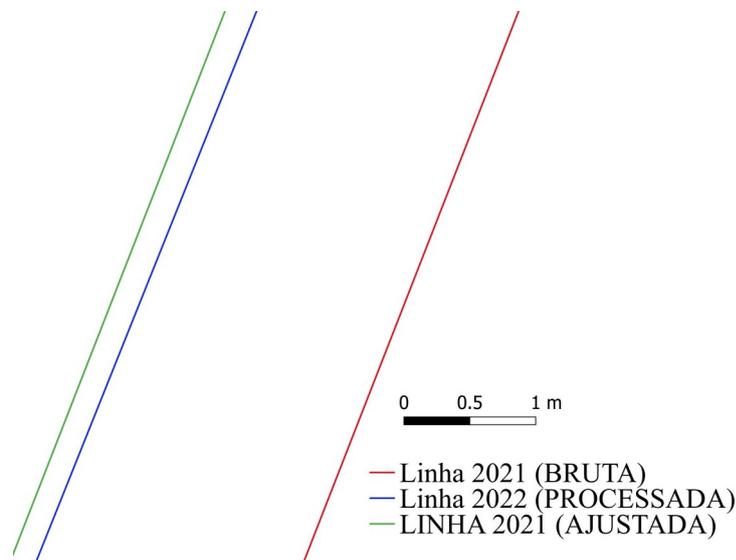
Tabela 12 – Valores calculados da média, variância e desvio padrão de  $\Delta X$  e  $\Delta Y$ , em metros.

	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)
MÉDIA	1.9302	-0.7678
VARIÂNCIA	0.2822	0.0437
$\sigma$	0.5313	0.2090

Fonte: Autoria Própria (2022)

O cálculo das coordenadas corrigidas encontra-se no Apêndice B. Na Figura 25 a seguir podemos observar a Linha 2022 em azul, a Linha 2021 em vermelho derivada de dados brutos e a uma nova linha em verde que é o resultado dessa correção.

Figura 25 – Comparação entre a linha obtida com dados brutos de 2021 e a nova linha corrigida a partir da linha obtida com dados processados de 2022.



Fonte: Autoria Própria (2022)

Na figura 25 apresentada acima é possível observar que a nova linha (em verde), obtida com o fator de correção calculado, ficou mais próxima da linha obtida com os valores do campo de Tramandaí 2022 (em azul). A linha anterior possuía uma distância média de mais de 2 metros enquanto que a nova possui uma diferença de cerca de 0,25 metros.

#### 4.1.2.2 Cálculo da correção vertical

O cálculo do fator de correção da vertical também se baseia na comparação entre o levantamento de Tramandaí 2021 e o levantamento de Tramandaí 2022. Desta vez as feições de calçada e da mureta foram utilizadas, isto se deve a sua analogia vertical. Neste caso foram separadas as altitudes geométricas das feições de CALÇADA de 2021 e MURETA de 2021 e de CALÇADA de 2022 e MURETA de 2022. Foram calculadas as médias dessas altitudes para cada feição bem como os seus respectivos desvios padrões.

Com essas médias foi calculado uma diferença  $\Delta h$  para as altitudes da calçada e da mureta entre um levantamento e outro. Uma média entre o  $\Delta h$  da calçada e o  $\Delta h$  da mureta foi realizada para chegar num valor único, e com ela foi calculado um desvio padrão também (para cada média que se faz é possível determinar um desvio padrão). Por fim foi calculado um desvio padrão total com o uso da fórmula de propagação de erros da expressão (4).

Segue abaixo na Tabela 13 os resultados do cálculo das médias dessas altitudes para cada feição bem como os seus respectivos desvios padrões.

Tabela 13 – Resultado do cálculo das médias, variâncias e desvios padrões das feições de calçada e mureta levantadas em 2021 e 2022.

Altitudes Elipsoidais de Tramandaí 2021				Altitudes Elipsoidais de Tramandaí 2022			
CALÇADA (m)		MURETA (m)		CALÇADA (m)		MURETA (m)	
ID		ID		ID		ID	
BASE_TRAM	7.476	2	7.940	PRAIA-T	6.155	PT01	6.638
1	7.519	25	7.906	PT043	6.284	PT042	6.686
26	7.390	28	7.976	PT045	6.279	PT044	6.712
27	7.436	53	7.978	PT047	6.224	PT046	6.685
54	7.539	56	8.014	PT049	6.100	PT048	6.591
55	7.309	90	7.983	PT051	6.036	PT050	6.563
89	7.555	139	7.971	PT053	6.159	PT052	6.617
140	7.576			MÉDIA	6.1767		6.6417
MÉDIA	7.4750		7.9669	VARIÂNCIA	0.0063		0.0026
VARIÂNCIA	0.0074		0.0010	$\sigma$ 2022	0.0796		0.0509
$\sigma$ 2021	0.0858		0.0319				

Fonte: Autoria Própria (2022)

Com essas médias foi calculado uma diferença  $\Delta h$  para a as altitudes da calçada e da mureta entre um levantamento e outro, os valores estão apresentados na Tabela 14 abaixo.

Tabela 14 – Resultado do cálculo do  $\Delta h$  de cada feição entre um levantamento e outro.

	CALÇADA (m)	MURETA (m)
Média Tramandaí 2021	7.4750	7.9669
Média Tramandaí 2022	6.1767	6.6417
$\Delta h$	1.2983	1.3251

Fonte: Autoria Própria (2022)

Por fim foi calculado um desvio padrão total com o uso da expressão (4) de propagação de erros. Seguem abaixo os resultados.

Tabela 15 – Resultado do cálculo da média dos  $\Delta h$  (calçada e mureta), seu desvio padrão e desvio padrão total.

MÉDIA DE $\Delta h$ (m)	1.3117
DESVIO PADRÃO DE $\Delta h$ (m)	0.0134
$\sigma$ TOTAL (m):	0.1322

Fonte: Autoria Própria (2022)

Assim sendo o fator de correção para a altimetria é o valor da média calculado de 1.3117 metros e o desvio padrão resultante é de 0,1322 metros. O resultado da correção altimétrica pode ser verificada no Apêndice B.

#### 4.1.3 Processamento de Dados de Imbé 2022 e Tramandaí 2022

O processamento dos levantamentos de Imbé 2022 e Tramandaí 2022 seguiram a mesma lógica do processamento de Imbé 2021. Porém nestes a referência foi o arquivo de suas respectivas bases usadas no RTK.

Seguem abaixo nas Tabelas 16 e 17 os valores obtidos que foram posteriormente utilizados para os demais pontos que podem ser verificados nos Apêndice C e D.

Tabela 16 – Valores derivados do cálculo da diferença entre a base (IMBE1) e o ponto (PIMBE).

IMBÉ 2022				
NOME	TIPO	X (m)	Y(m)	h (ELIP)(m)
IMBE1	BASE (B)	6684090.625	585226.99	5.816
PIMBE	PONTO (P)	6684090.591	585226.885	2.721
$\Delta=B-P$		0.0339	0.1049	3.095

Fonte: Autoria Própria (2022)

Tabela 17 – Valores derivados do cálculo da diferença entre a base (TRAM3) e o ponto (PRAIA-T).

TRAMANDAÍ 2022				
NOME	TIPO	X (m)	Y (m)	h (ELIP) (m)
TRAM3	BASE (B)	6681524.169	584177.683	6.155
PRAIA-T	PONTO (P)	6681520.397	584176.4	10.727
$\Delta=P-B$		-3.7719	-1.2829	4.572

Fonte: Autoria Própria (2022)

#### 4.1.4 Transformação de Altitudes

As altitudes fornecidas pelo levantamento com GNSS são provenientes do sistema de referência WGS84, portando são elipsoidais, ou seja, as suas origens partem do elipsoide de revolução adotado por esse sistema. Porém o Sistema Geodésico Brasileiro adota como referência o geoide, que tem origem no nível médio do mar. Para se obter a transformação entre essas altitudes o IBGE fornece os coeficientes de transformação calculados pelo modelo hgeoHNOR2020. Porém o formato das latitudes e longitudes aceito pelo sistema do IBGE é em coordenadas geodésicas, então foi necessário fazer uma transformação das coordenadas planimétricas para geodésicas.

Para realizar esta tarefa foi utilizado o aplicativo “UTM Geo Map” por motivos de praticidade e uma prévia familiaridade já que este foi utilizado em campo como descrito anteriormente. De posse dessas informações os dados são enviados para o IBGE que fornece por e-mail um arquivo com algumas informações, entre elas os fatores de conversão e as incertezas envolvidas. A transformação é feita pela expressão (1). As tabelas com os dados de conversão estão disponíveis nos Apêndices A, B, C e D.

## 4.2 MODELO DIGITAL DO TERRENO (MDT)

### 4.2.1 Desenvolvimento do Modelo Digital de Terreno (MDT)

De posse das altitudes ortométricas foi necessário realizar estimativas dos pontos que não foram coletados em campo. Os pontos coletados em campo são considerados como uma amostra. O MDT (Modelo Digital de Terreno) é gerado a partir de um uma modelagem numérica de terreno (MNT). Como mencionado anteriormente, a modelagem numérica de terreno emprega o uso de blocos (redes ou grades, ou grid em inglês) e para cada ponto desse grid um valor é estimado por meio de interpoladores.

Um MDT nunca representará completamente a superfície real do terreno, mas quanto maior for a amostra e menor o espaçamento do grid, mais exato será o modelo. A escolha do tamanho e espaçamento do grid depende da menor variação entre os valores adquiridos da amostra. Neste caso a variável em questão é a altitude e nesta área de estudo a sua variação é

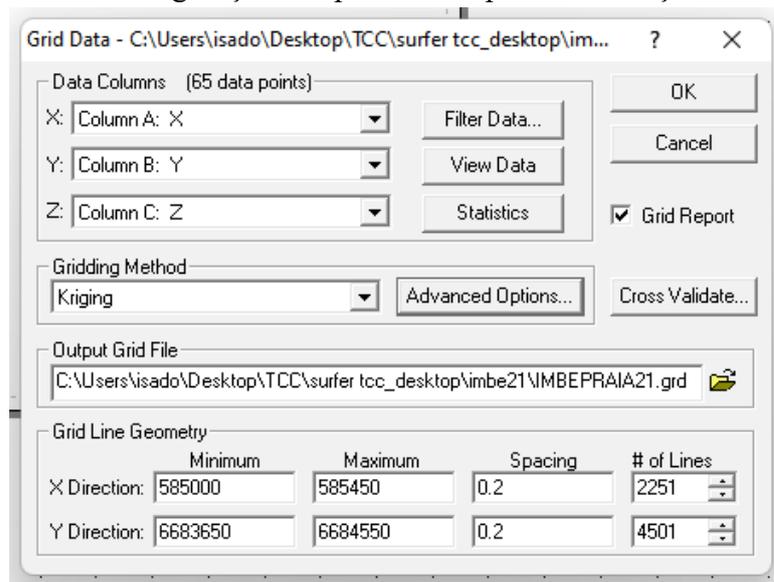
muito baixa (a variação média entre os pontos coletados foi cerca de 0,15 metros) acarretando na necessidade de um espaçamento bem pequeno.

O MDT foi gerado no software Surfer 8. Foi determinado que o espaçamento ideal para o grid fosse de 0,10 metros, porém não foi possível realizar esta operação em virtude do alto custo computacional para esta atividade (a extensão das áreas levantadas tem por volta de 0,5 km<sup>2</sup>), portanto o espaçamento do grid utilizado foi de 0,20 metros, sendo este o menor que foi possível com os recursos do momento. O modelo de interpolação adotado foi o de Krigagem em função do estudo feito por Silva (2015).

Para a realização do MDT, os pontos coletados nas feições de calçada, mureta e praia foram separados (Apêndices E, F, G e H) e apenas os pontos medidos na praia foram utilizados para a construção dele. O motivo desta operação é que os pontos de calçada e mureta iam interferir muito no modelo e um MDT representa apenas a superfície, então esses pontos seriam generalizados no resultado. Os cantos do grid tiveram as suas coordenadas arredondadas para que o grid ficasse um pouco maior que a área (cerca de 25 metros para cada lado), mas esta operação não é obrigatória.

O interessante do Surfer 8 é a possibilidade de realizar a validação cruzada (Cross Validate) que gera um relatório com as informações estatísticas pertinentes. A Figura 26 abaixo está mostrando a janela para a configuração do grid e do modelo de interpolação para os dados de Imbé 2021, mas o mesmo método foi aplicado para os dados dos demais levantamentos.

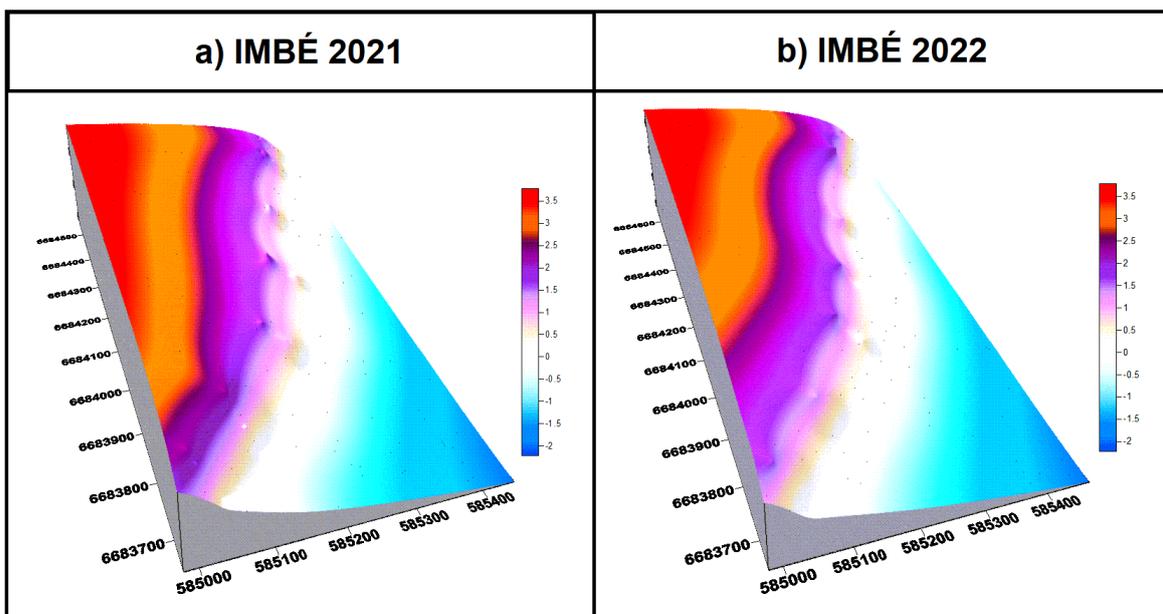
Figura 26 – Janela de configuração dos parâmetros para a realização do MDT no Surfer 8.



Fonte: Autoria Própria (2022), janela do Software Surfer 8.

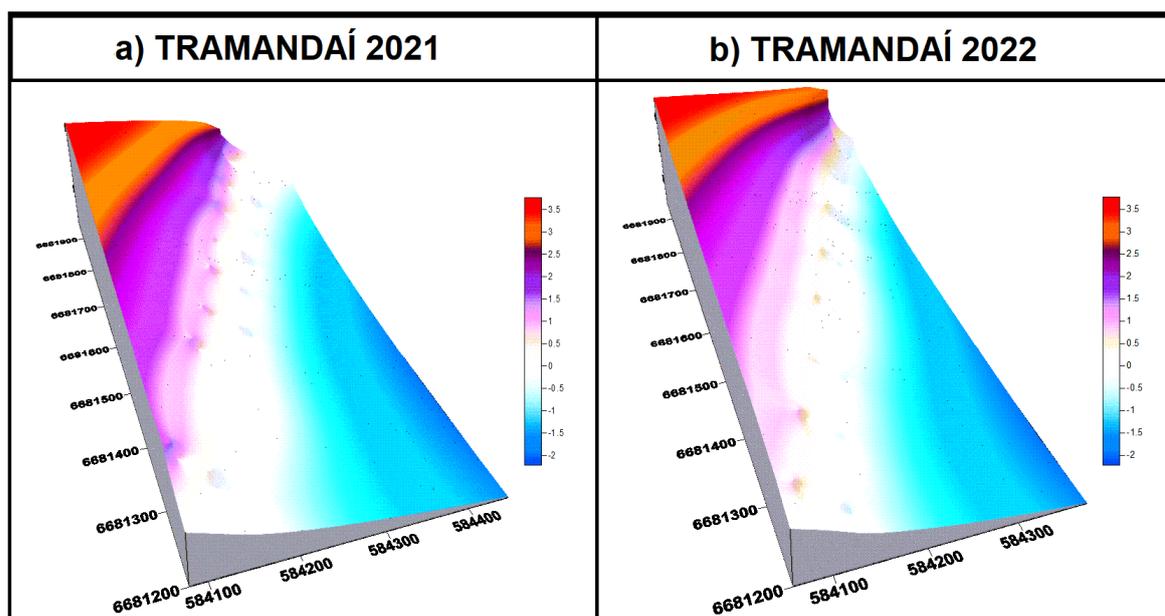
Foram gerados, para cada levantamento, modelos digitais de terreno (MDT) no software Surfer 8, totalizando em 4 modelos. As Figuras 27 e 28 abaixo apresentam esses modelos com exagero vertical para que se possa observar a diferença de nível do modelo.

Figura 27 – Modelos Digitais de Terreno obtidos através dos levantamentos de (a) Imbé 2021 e (b) Imbé 2022, gerados no software Surfer 8.



Fonte: Autoria Própria (2022)

Figura 28 – Modelos Digitais de Terreno obtidos através dos levantamentos de (a) Tramandaí 2021 e (b) Tramandaí 2022, gerados no software Surfer 8.



Fonte: Autoria Própria (2022)

#### 4.2.2 Avaliação Estatística do Modelo Digital de Terreno (MDT)

Ao gerar os MDTs é possível também realizar o teste de Validação Cruzada para avaliar a exatidão do modelo. Esse teste gera um relatório com os dados estatísticos, bem como as coordenadas estimadas para cada ponto, o que permite fazer uma comparação entre os valores da amostra e os valores estimados. Essa comparação é feita por meio do coeficiente de correlação e o Scatterplot (gráfico de dispersão) para observar o grau de dispersão dos dados. Os gráficos foram gerados no software LibreOffice Calc. Para gerar os gráficos foram cruzados os dados de altitudes obtidas nas medições de campo e os dados de altitudes estimadas pelo modelo.

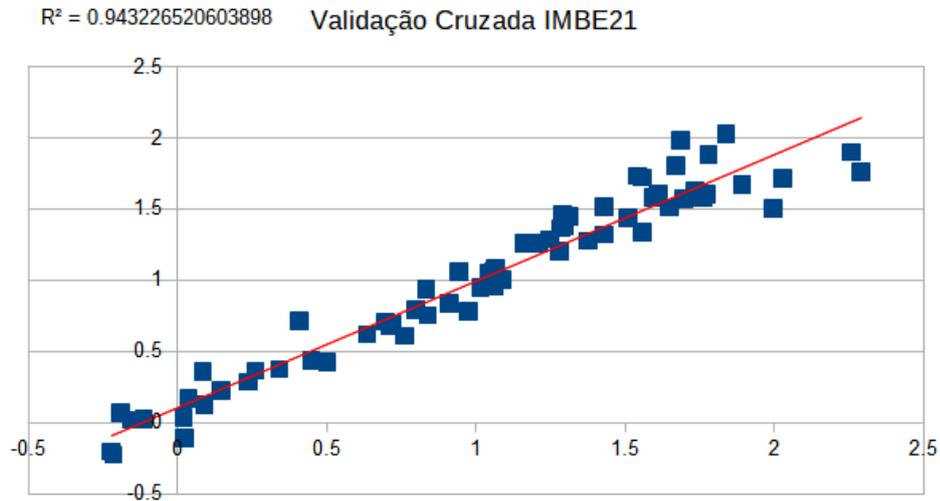
Uma linha de tendência foi traçada (função que pode ser feita pelo software). O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) da linha de tendência (presente nos gráficos) corresponde ao coeficiente de correlação ( $\rho$ ) elevado ao quadrado ( $\rho^2$ ). A Tabela 18 abaixo mostra esse coeficiente de correlação ( $\rho$ ) para cada MDT gerado. Lembrando que quanto mais perto de -1 ou +1, mais correlacionados estão os dados e quanto mais próximo de zero, menos eles estão. Podemos verificar com esses dados que todos os modelos gerados tiveram um bom desempenho, sendo que o melhor deles foi o relativo a Tramandaí 2021, provavelmente por ser o que mais dados foram coletados em campo (126 pontos na praia) e o modelo com menor desempenho corresponde ao de Tramandaí, justamente o que teve a menor amostra (40 pontos na praia).

Tabela 18 – Coeficientes de correlação obtidos pelo método de validação cruzada dos MDTs

MDT	$\rho$
IMBÉ 2021	0.9711984
IMBÉ 2022	0.9334161
TRAMANDAÍ 2021	0.9858210
TRAMANDAÍ 2022	0.8853830

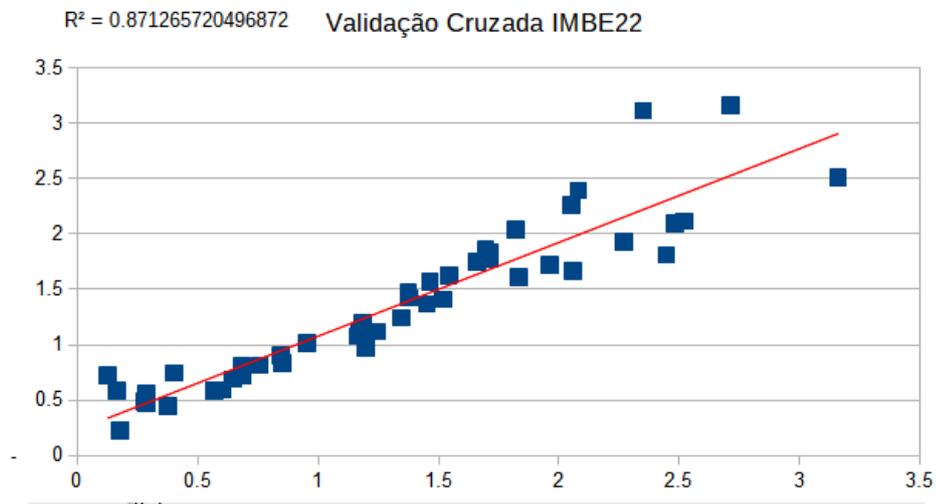
Fonte: Autorial Própria (2022)

Gráfico 1 – Dispersão (Scatterplot) dos dados amostrais e estimados pela validação cruzada do MDT de Imbé 2021.



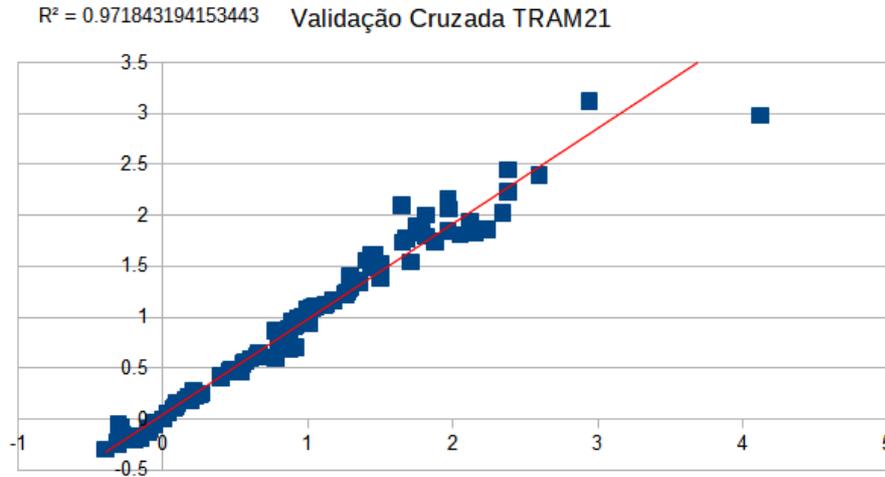
Fonte: Autoria Própria (2022)

Gráfico 2 – Dispersão (Scatterplot) dos dados amostrais e estimados pela validação cruzada do MDT de Imbé 2022.



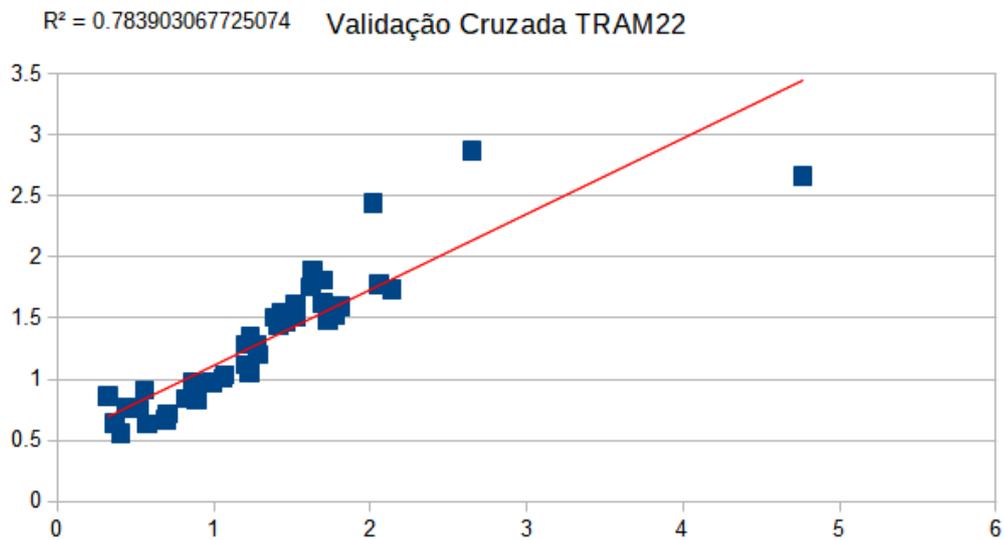
Fonte: Autoria Própria (2022)

Gráfico 3 – Dispersão (Scatterplot) dos dados amostrais e estimados pela validação cruzada do MDT de Tramandaí 2021.



Fonte: Aatoria Própria (2022)

Gráfico 4 – Dispersão (Scatterplot) dos dados amostrais e estimados pela validação cruzada do MDT de Tramandaí 2022.



Fonte: Aatoria Própria (2022)

Os Apêndices I, J, K e L contém as tabelas com os cálculos das diferenças entre os valores amostrados e os valores estimados, bem como de seus desvios padrões. Estas estimativas são as melhores para a avaliação da exatidão dos MDTs. Na Tabela 19 a seguir podemos verificar o desvio padrão de cada MDT.

Tabela 19 – Desvio Padrão ( $\sigma$ ) obtidos pelo método de validação cruzada para cada MDT.

MDT	Nº DE	
	PONTOS	$\sigma$ (m)
IMBÉ 2021	65	0,1637
IMBÉ 2022	47	0,2730
TRAMANDAÍ 2021	126	0,1472
TRAMANDAÍ 2022	40	0,3854

Fonte: Autorial Própria (2022)

### 4.3 DEFINIÇÃO DA LINHA DE COTA ZERO E LINHA DE PREAMAR MÉDIA DE 2021 E 2022

#### 4.3.1 Linhas Geradas com o MDT

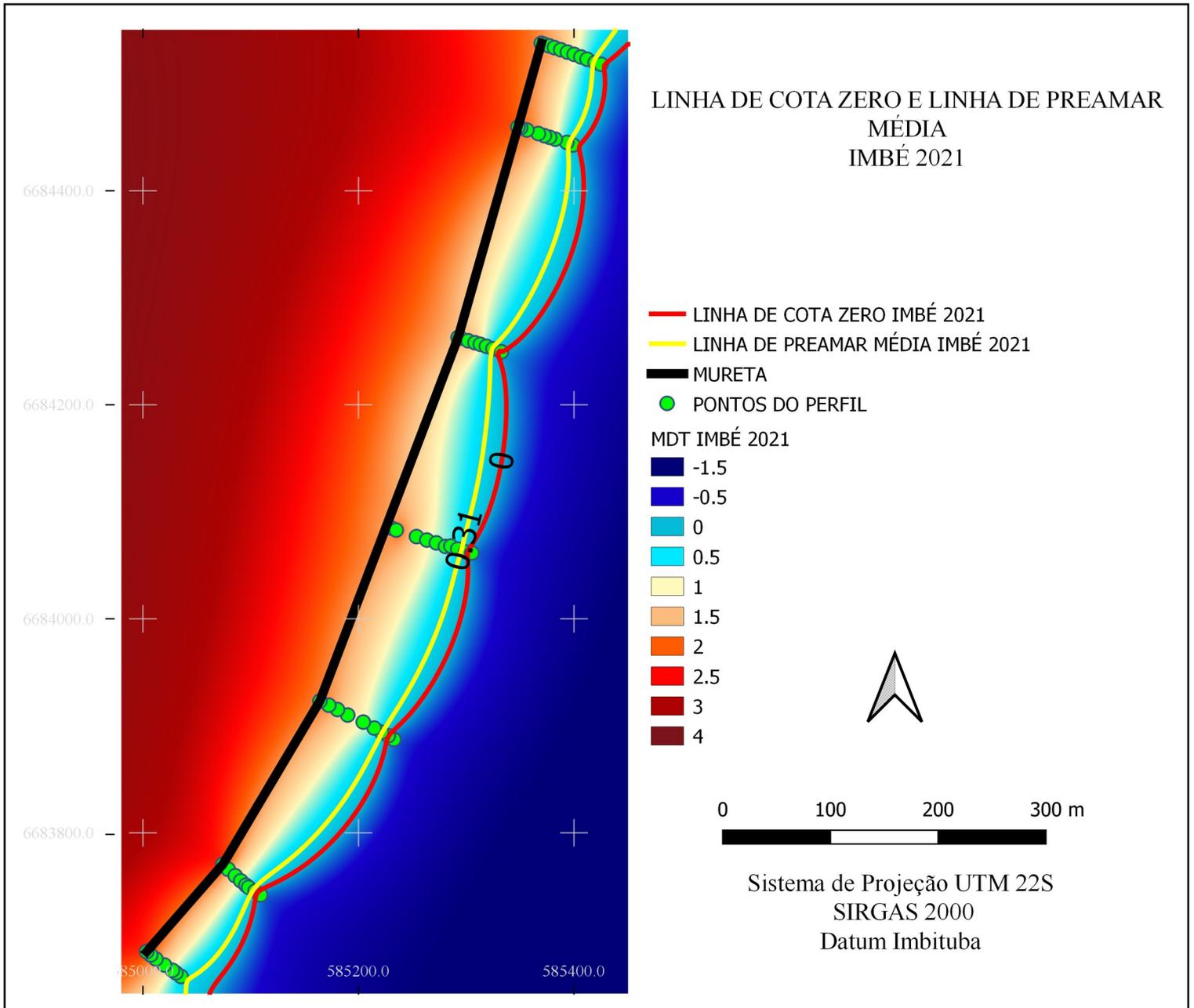
Os MDTs gerados no software Surfer 8 são salvos em um formato “.grd”, este formato é aceito pelo software QGIS, portanto esses dados foram importados para este software. Também foram importados os dados dos pontos de praia, de calçada e mureta. Cada levantamento foi dividido em projetos diferentes e todos foram configurados com o devido sistema de referência. Para todos os dados vetoriais um arquivo do tipo shapefile foi gerado.

A partir do MDT foi possível gerar curvas de nível. As curvas de nível possuem o valor da altitude na vertical e a localização planimétrica que corresponde a este nível. O espaçamento entre as curvas (na vertical) é escolhido dependendo do objetivo e escala de trabalho. Neste caso as curvas que mais nos importa são as correspondentes ao nível zero e ao nível correspondente à linha de preamar média.

A amplitude das marés foi medida por Andrade; Nunes e Toldo, 2018 em seu estudo sobre o comportamento das marés na área de estudo. Neste estudo, que obteve dados por um período de 650 dias, foi constatado que a amplitude média das marés astronômicas é de 0,31 metros. Este é o valor que está de acordo com a Instrução de 14 de novembro de 1832 e o Decreto-Lei nº 9.760/46. Portanto a curva de nível com 0,31 metros na vertical também foi gerada.

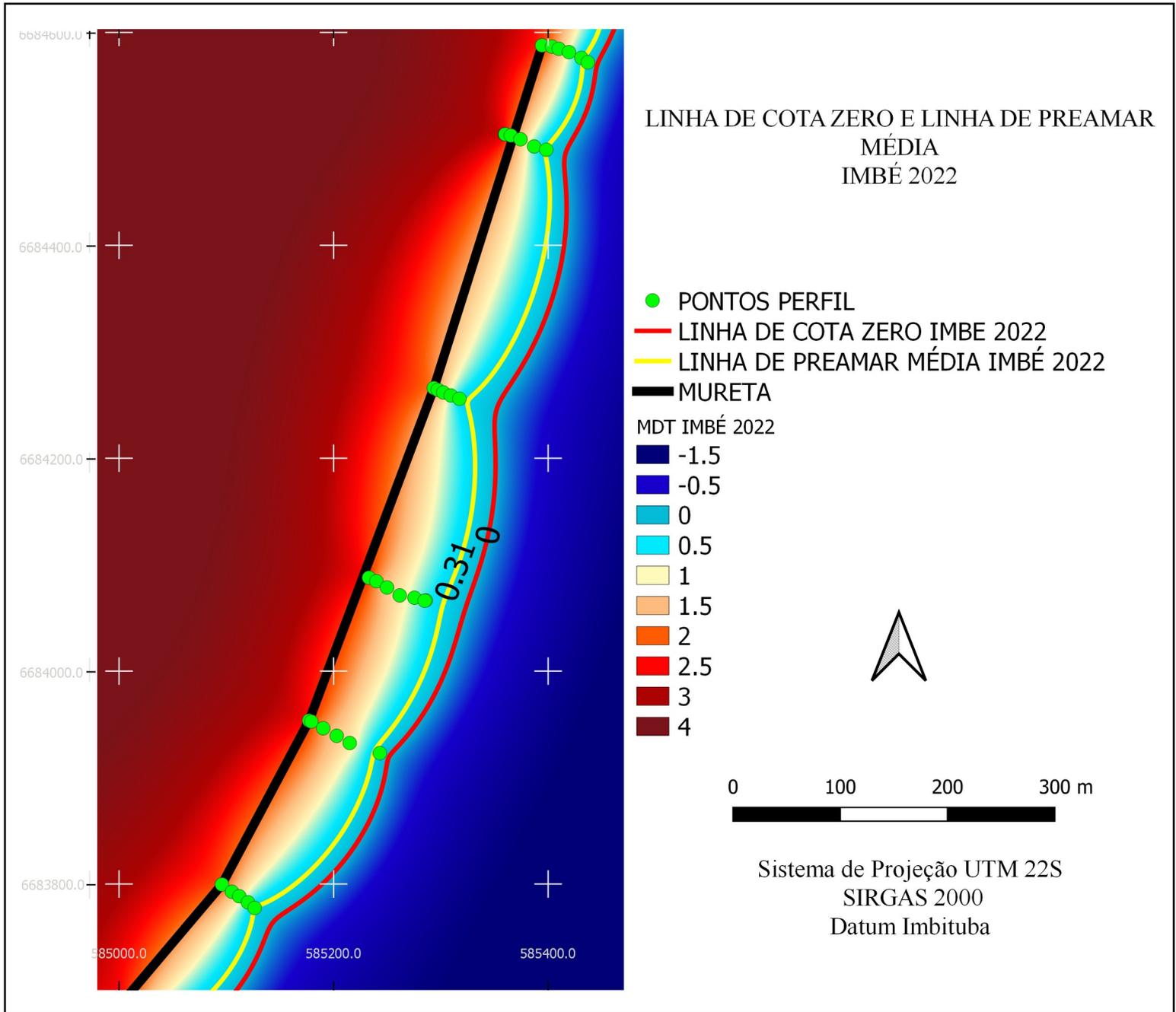
Nas Figuras 29, 30, 31 e 32 é possível ver o resultado do MDT importado para o software QGIS junto com as feições e as Linhas de Cota Zero e de Preamar Média projetadas.

Figura 29 – Feições Levantadas e Geradas por MDT de Imbé 2021



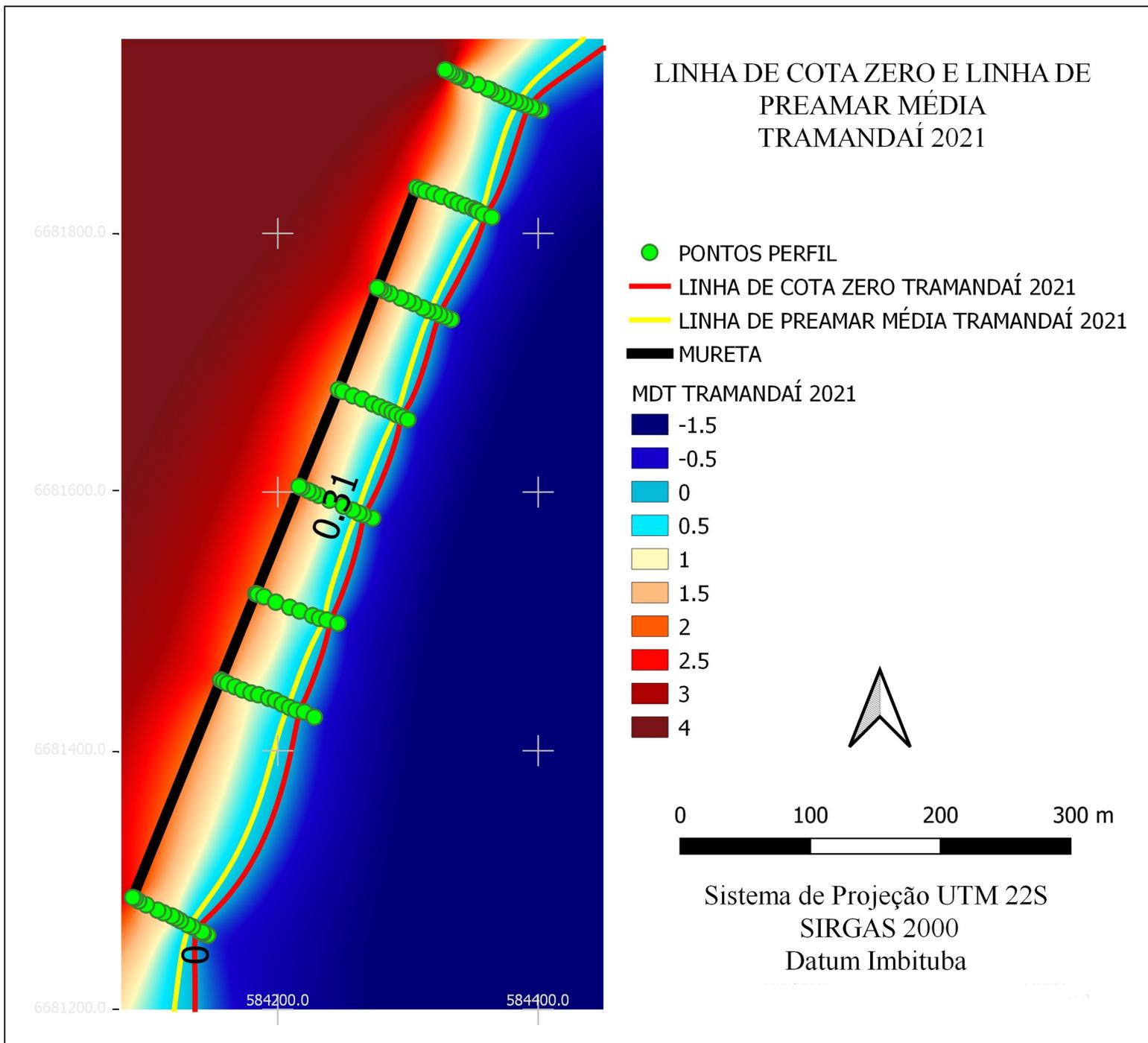
Fonte: Autoria Própria (2022)

Figura 30 – Feições Levantadas e Geradas por MDT de Imbé 2022



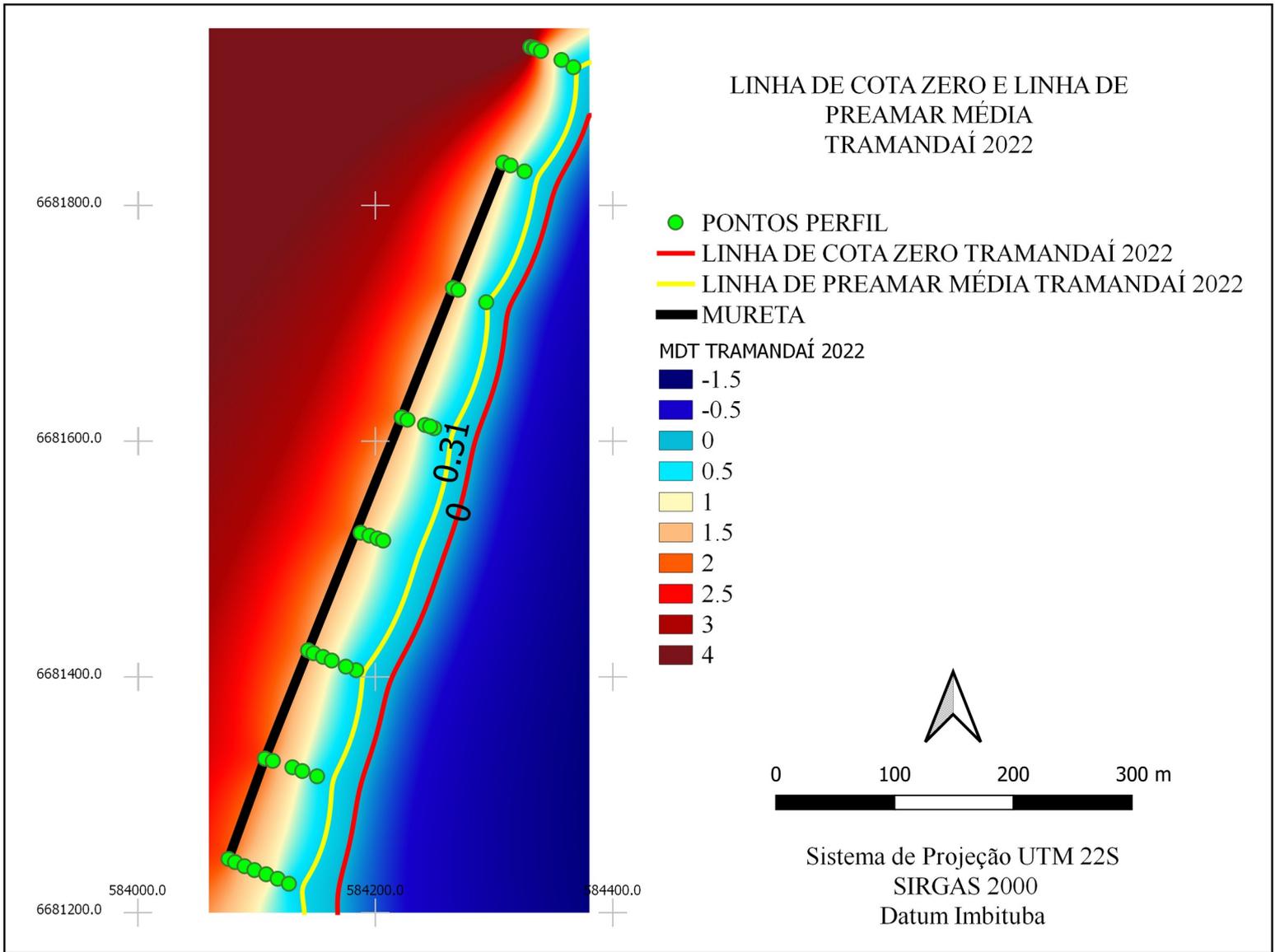
Fonte: Aatoria Própria (2022)

Figura 31 – Feições Levantadas e Geradas por MDT de Tramandaí 2021



Fonte: Autoria Própria (2022)

Figura 32 – Feições Levantadas e Geradas por MDT de Tramandaí 2022



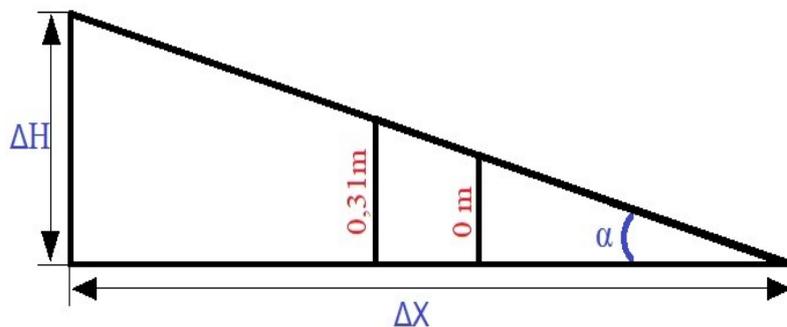
Fonte: Autoria Própria (2022)

### 4.3.2 Linhas Geradas com a Declividade dos Perfis

A validação cruzada do modelo digital de terreno realizada anteriormente, apesar de ter resultado em um valor estatisticamente satisfatório, demonstrou que o modelo era o maior gerador de erros nos resultados para as dimensões de altitudes envolvidas, além de que o método de krigagem também altera o valor do ponto amostrado com a finalidade de suavizar o resultado. Para completar, foi feita uma comparação de medidas entre a mureta e as respectivas linhas, que será apresentada a seguir, e as diferenças entre as medidas de um ano para o outro usando o MDT foram muito discrepantes. Portanto uma segunda opção de

realizar o traçado das linhas foi formatada. Esta outra forma é bem simples, baseia-se apenas em realizar um cálculo de relação de triângulos considerando a declividade de cada perfil. Neste caso, como as coordenadas X e Y e a altitudes H são conhecidas, pode-se calcular a distância entre um ponto e o outro e com a diferença de altitude obter o ângulo  $\alpha$  da declividade do perfil. De posse deste ângulo fica fácil de calcular as posições em X e Y quando  $\Delta H$  for 0,31 metros (Linha de Preamar Média) e zero metros (Linha de Cota Zero). O exemplo na Figura 33 abaixo ajuda com o entendimento. Essa operação foi realizada para os eixos X e Y.

Figura 33 – Relação de Triângulo para Determinar as Coordenadas das Linhas de Preamar Média e de Cota Zero



Fonte: Autoria Própria (2022)

No levantamento de campo de Tramandaí 2021 ocorreu algo interessante que é o fato de o ponto de ID 42 ter sua altitude ortométrica igual a zero. Com isto deu para fazer algumas comparações da melhor combinação de pontos do perfil para o cálculo da declividade que decorressem em um melhor resultado nos cálculos. Por exemplo: se usa o primeiro ponto e o último, ou os pontos com altitude inferior a 1 metro. A conclusão de que a melhor combinação foi usando os pontos mais próximos do ponto a ser estimado. Essa constatação faz sentido pois a declividade dos pontos mais próximos ao ponto que se quer estimar é a que mais se aproxima da realidade no terreno. Com essas coordenadas do ponto medido foi possível verificar a diferença entre estas e as coordenadas calculadas pelo método, veja a Tabela 20 abaixo.

Tabela 20 – Diferença entre a coordenada medida e a coordenada calculada, levantamento de Tramandaí 2021

X (m)	Y (m)	H (m)
-------	-------	-------

COORDENADA ANTERIOR	584320.040	6681739.084	0.191
<b>COORDENADA DO PONTO MEDIDA</b>	584324.234	6681737.112	0.000
COORDENADA OPOSTA	584328.165	6681735.479	-0.172
<b>COORDENADA CALCULADA</b>	584324.322	6681737.184	0.000
DIFERENÇA MEDIDA-CALCULADA	<b>-0.088</b>	<b>-0.072</b>	

Fonte: Autoria Própria (2022)

Os cálculos foram realizados para todos perfis de cada levantamento. O resultado foi uma lista de pontos e suas coordenadas para a altitude desejada (Apêndice S). Esses pontos foram importados para o software QGIS e shapefiles com as linhas que ligam esses pontos foram gerados. Apesar de o resultado ser de apenas linhas que ligam os pontos entre os perfis, essa feição mais “reta” que as linhas obtidas pelo MDT não está longe da situação do terreno visto que as praias de Imbé e Tramandaí são possuem uma característica bastante retilínea.

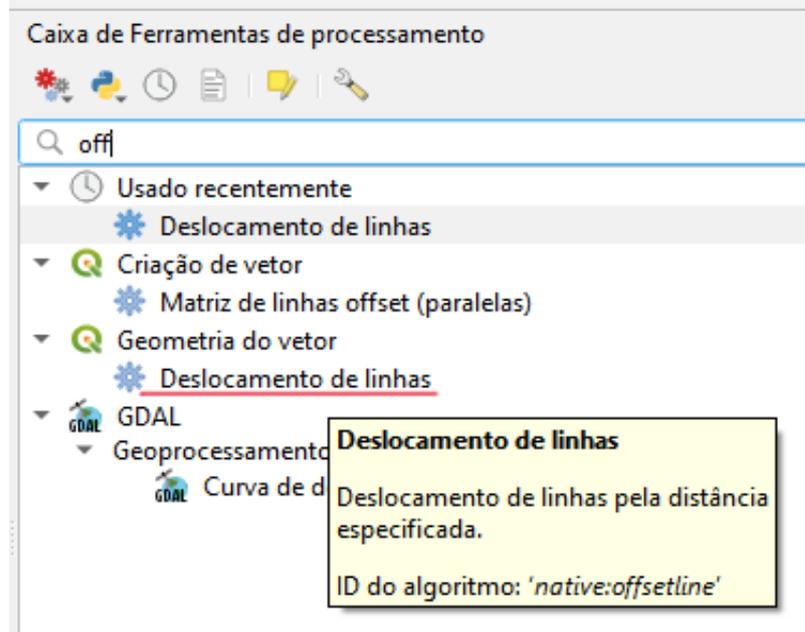
### **4.3.3 Determinação da Linha Distante 33 metros da Linha de Preamar Média.**

#### **4.3.3.1 Linha 33 metros derivada do MDT**

Com as linhas de Cota Zero e de Preamar Média definidas, uma terceira linha foi adicionada ao trabalho que é a linha que dista 33 metros da Linha de Preamar Média. Esta distância é semelhante com o que seria o limite dos Terrenos de Marinha e seus Acrescidos para dentro do continente, porém não é compatível pois o Decreto-Lei nº 9.760/46 determina que a referência é a Linha de Preamar Média de 1831.

Para definir esta linha, que será chamada Linha 33 metros, foi utilizada a ferramenta “Deslocamento de Linhas”, ou “offsetline” (Figura 34). Esta ferramenta reproduz a feição a uma distância requerida de forma exatamente paralela a esta. Portanto a Linha de Preamar média foi reproduzida a 33 metros para o lado do continente e o resultado é esta Linha 33 metros. Esta operação foi realizada para os quatro projetos.

Figura 34 – Caixa de Ferramentas do Software QGIS: Função Deslocamento de linhas.



Fonte: Autoria Própria (2022)

#### 4.3.3.2 Linha 33 metros derivada da declividade dos perfis

A linha distante 33 metros da Linha de Preamar Média calculada pela declividade dos perfis foi traçada da mesma forma que a linha derivada dos resultados do MDT descrita anteriormente, porém utilizando como referência a Linha de Preamar Média traçada pelo cálculo das declividades dos perfis.

Figura 35 – Levantamento de Imbé 2021 com as Linha de Cota Zero, Linha de Preamar Média e Linha 33 metros, obtidas com a declividade dos perfis. Imagem Google Satellite.

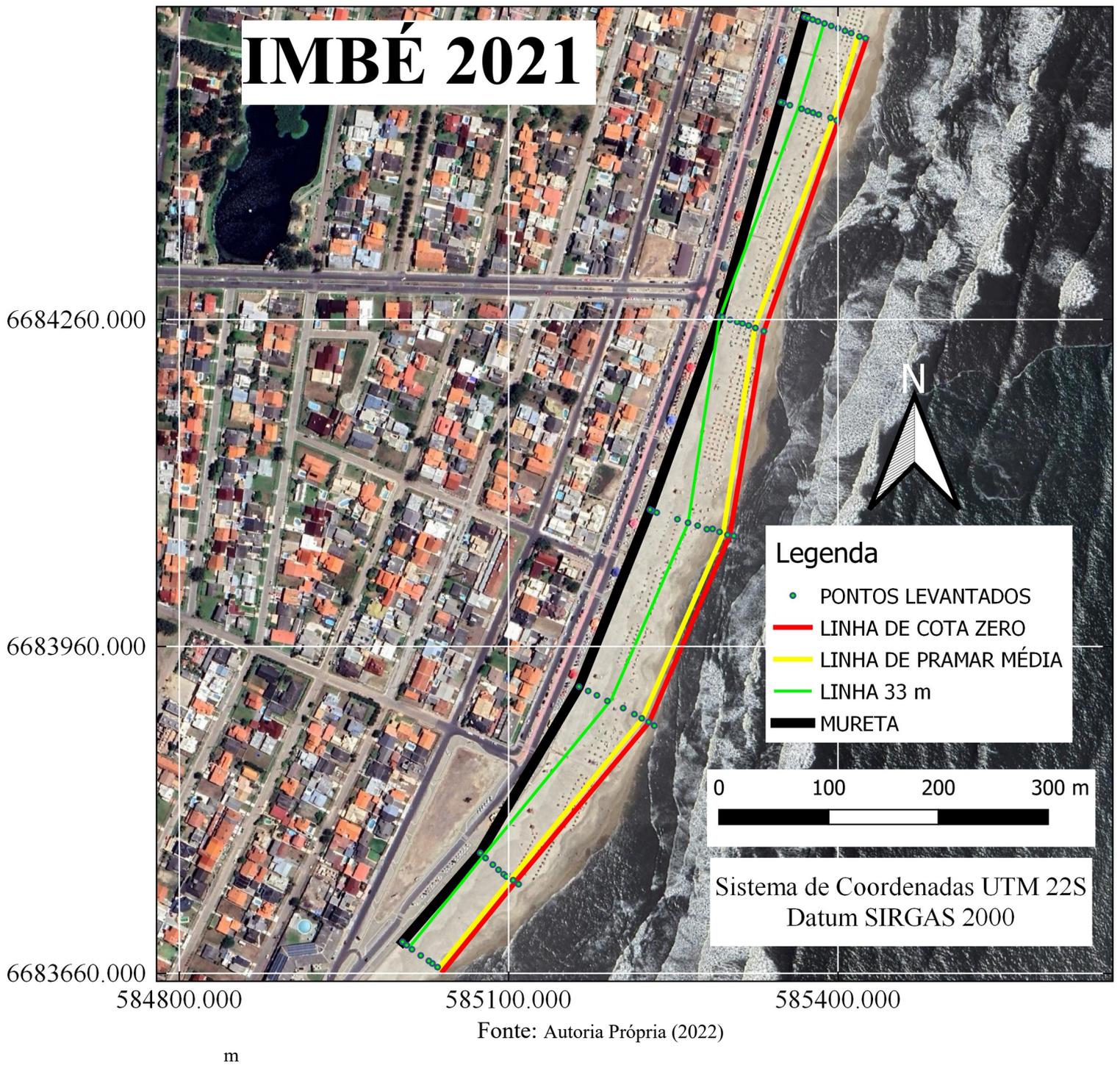


Figura 36 – Levantamento de Imbé 2022 com as Linha de Cota Zero, Linha de Preamar Média e Linha 33 metros, obtidas com a declividade dos perfis. Imagem Google Satellite.

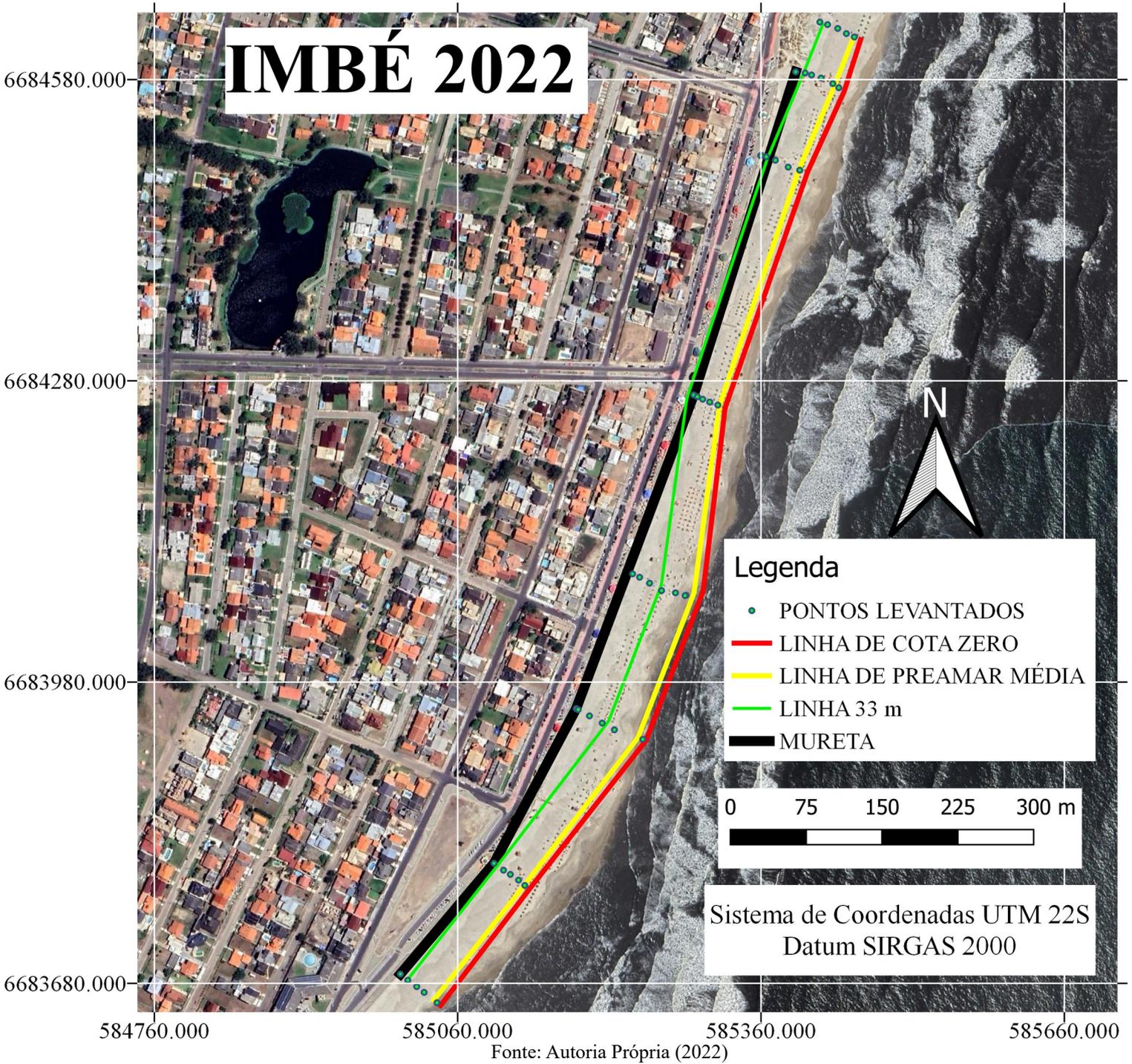
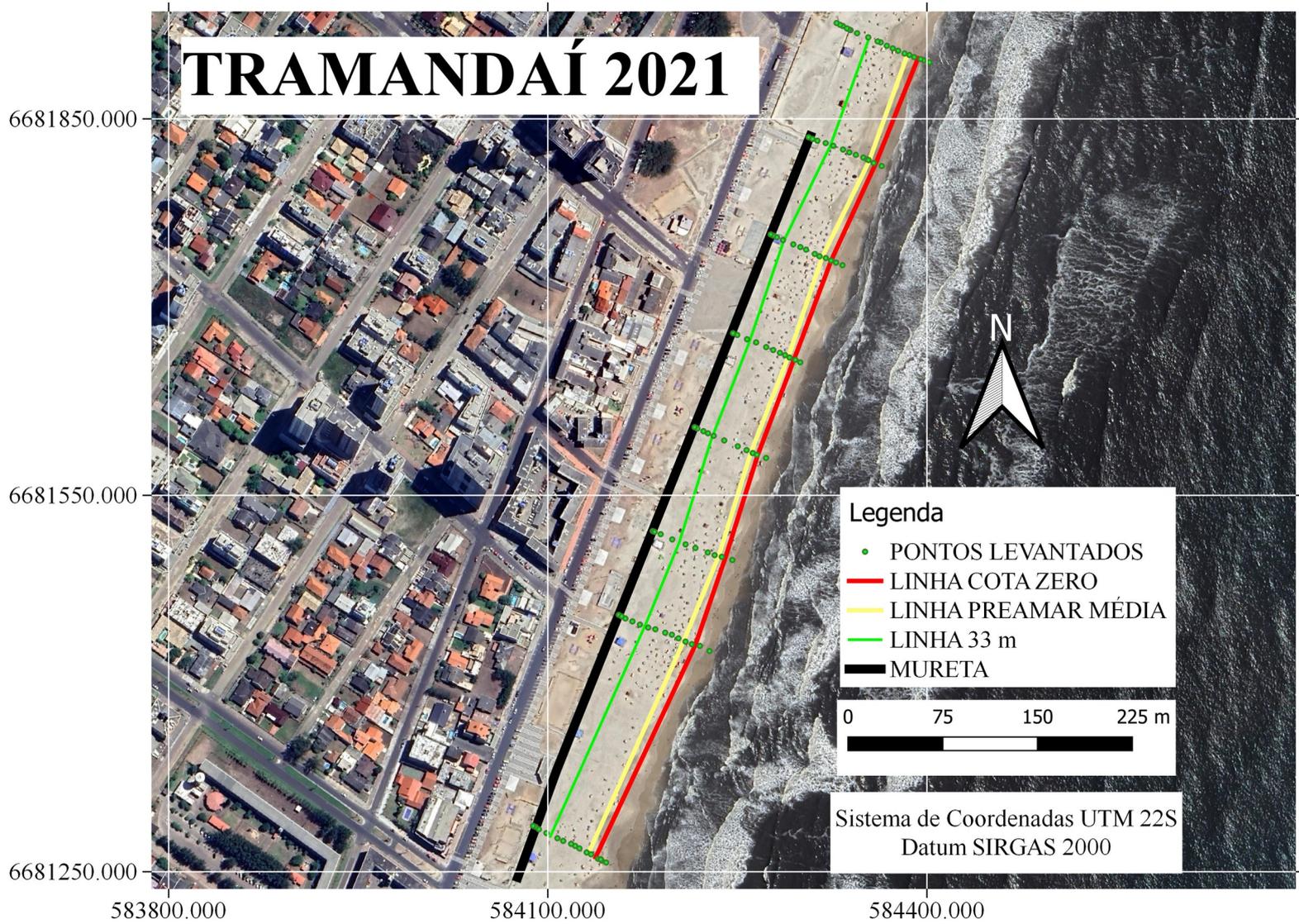
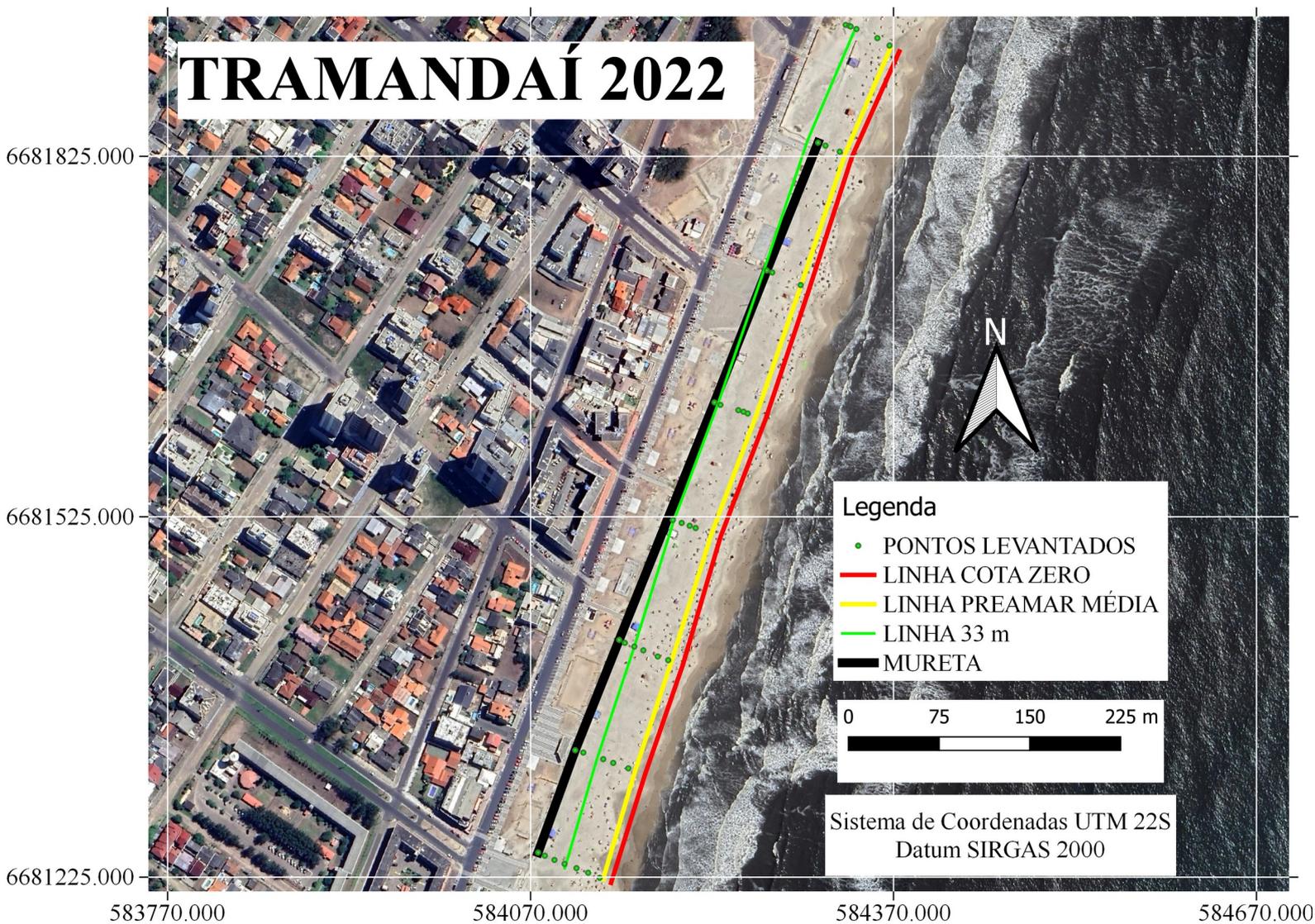


Figura 37 – Levantamento de Tramandaí 2021 com as Linha de Cota Zero, Linha de Preamar Média e Linha 33 metros, obtidas com a declividade dos perfis. Imagem Google Satellite.



Fonte: Autoria Própria (2022)

Figura 38 – Levantamento de Tramandaí 2022 com as Linha de Cota Zero, Linha de Preamar Média e Linha 33 metros, obtidas com a declividade dos perfis. Imagem Google Satellite.



#### 4.3.4 Caracterização das Linhas de Cota Zero e Preamar Média

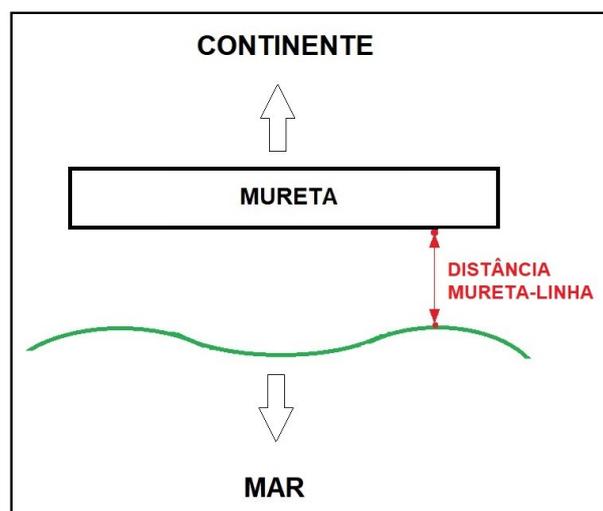
##### 4.3.4.1 Caracterização das linhas obtidas com o MDT

Para que fosse possível uma visão simplificada em loco da posição das linhas, foram feitas medidas das distâncias entre elas e a mureta (feição física bem materializada). De posse

desta distância é possível fazer as medições em campo para determinar onde passa alguns pontos destas linhas.

Para medir essas distâncias alguns critérios foram adotados. Primeiro que o ponto de partida da medida é o lado da mureta voltado pro mar, veja a Figura 39. Este critério se deve ao fato de que essa feição refere-se a que foi coletada com maior exatidão planimétrica e melhor caracteriza a posição da mureta.

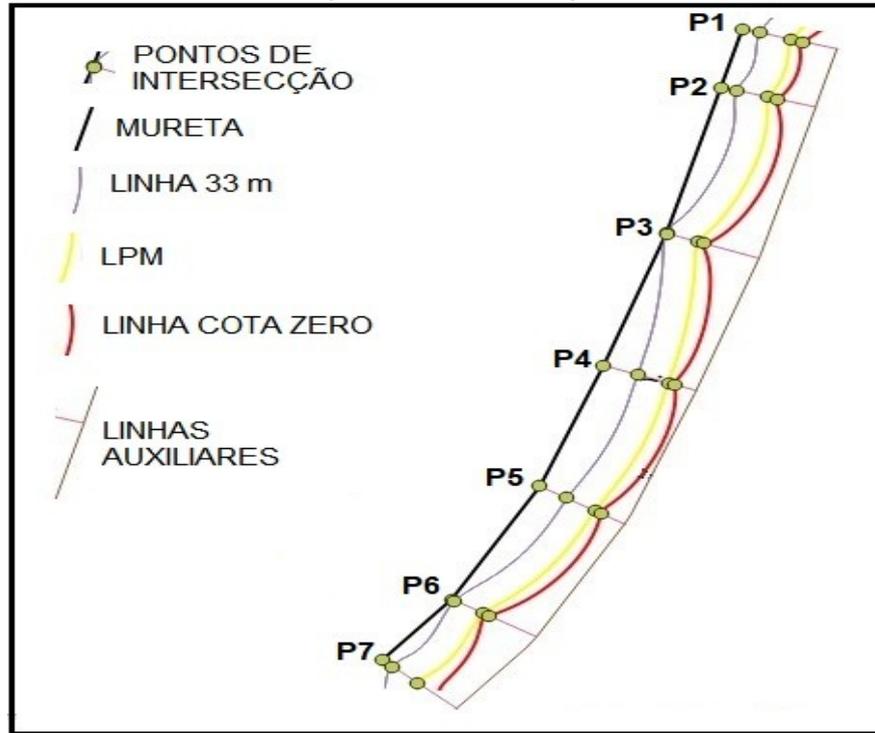
Figura 39 – Desenho representativo da forma de medição das distâncias mureta-linha



Fonte: Autoria Própria (2022)

Uma linha ortogonal à mureta foi traçada, para que as medidas fossem contadas ao longo desta nos pontos onde ela cruza com as três linhas de interesse. Como a mureta não é totalmente retilínea, para determinar essa ortogonalidade a linha da mureta foi reproduzida com a mesma ferramenta de deslocamento de linhas descrita acima, junto com pontos análogos. A posição escolhida para cada medida das distâncias foi aproximadamente no eixo dos perfis levantados, pois esta é a região com as menores distorções do MDT. A cada linha de perfil que foi medida se deu o nome P1, P2...P7 que decrescem de norte para o sul. Veja a Figura 40 abaixo.

Figura 40 – Representação da forma de medição das distâncias mureta-linha– Feições determinadas pelo MDT.



Fonte: Autoria Própria (2022)

4.3.4.1.1 Valores das distâncias Mureta-Linhas do MDT

Seguem abaixo as Tabelas 21 e 22 com os valores mensurados das distâncias descritas acima.

Tabela 21 – Distâncias (em metros) mureta-linha medidas no projeto Imbé 2021 e Imbé 2022- MDT

DISTÂNCIAS MURETA-LINHA	IMBÉ 2021			DISTÂNCIAS MURETA-LINHA	IMBÉ 2022			DIFERENÇAS		
	Linha 33m	LPM	COTA ZERO		Linha 33	LPM	COTA ZERO	Linha 33	LPM	COTA ZERO
P1	18.479	52.018	64.095	P1	7.719	40.743	54.569	10.76	11.275	9.526
P2	16.900	50.060	60.315	P2	-0.820	32.765	51.237	17.72	17.295	9.078
P3	0.324	33.351	40.059	P3	1.077	34.091	62.026	0.753	0.740	21.967
P4	37.073	70.108	76.836	P4	45.920	78.969	100.012	8.847	8.861	23.176
P5	31.885	64.993	72.265	P5	34.596	67.902	82.536	2.711	2.909	10.271
P6	3.946	37.613	44.158	P6	4.209	38.382	59.584	0.263	0.769	15.426
P7	13.768	48.621		P7	9.065	42.206		4.703	6.415	

Fonte: Autoria Própria (2022)

Tabela 22 – Distâncias (em metros) mureta-linha medidas no projeto Tramandaí 2021 e

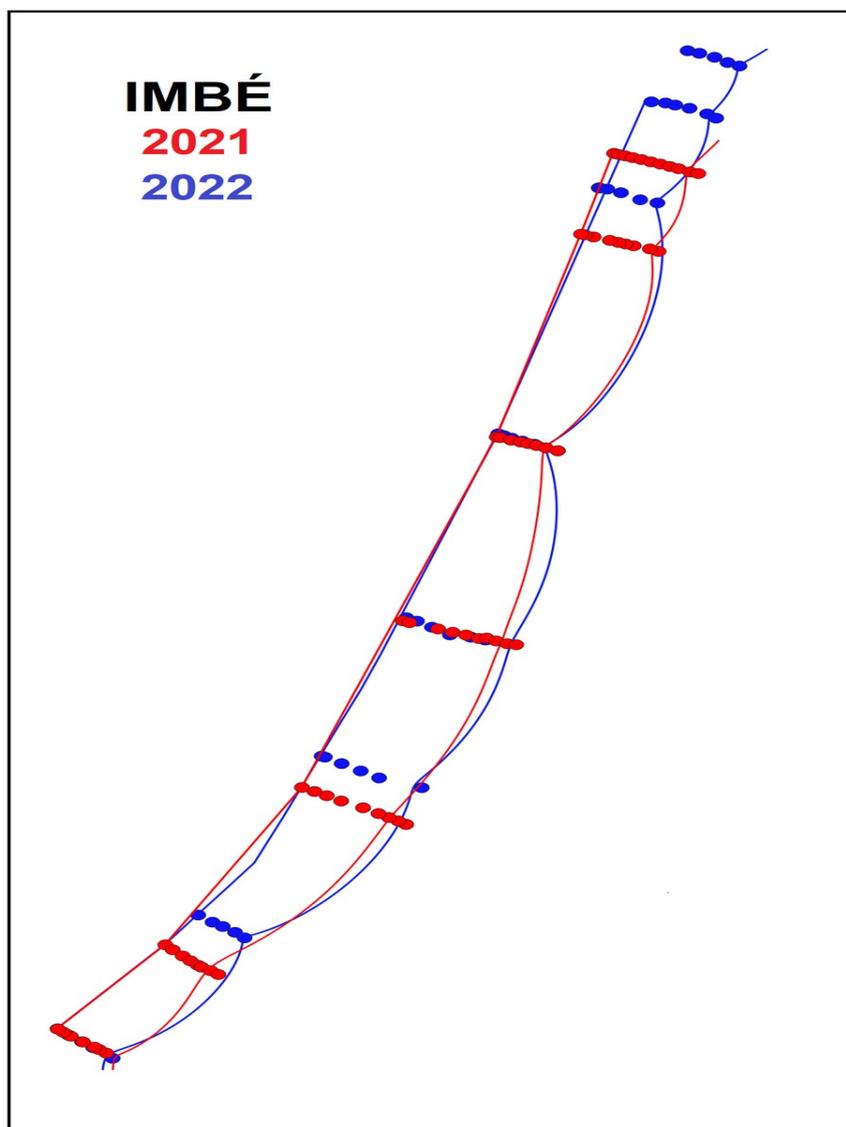
## Tramandaí 2022- MDT

DISTÂNCIAS MURETA-LINHA TRAMANDAÍ 2021			DISTÂNCIAS MURETA-LINHA TRAMANDAÍ 2022			DIFERENÇAS				
COTA			COTA			COTA				
Linha 33	LPM	ZERO	Linha 33	LPM	ZERO	Linha 33	LPM	ZERO		
P1	19.333	52.732	57.139	P1	15.927	31.872	48.939	3.406	20.86	8.2
P2	11.623	44.628	52.224	P2	17.447	31.481	50.490	5.824	13.147	1.734
P3	14.647	47.821	52.928	P3	32.312	45.249	65.514	17.665	2.572	12.586
P4	15.830	48.844	54.815	P4	44.000	56.582	77.028	28.17	7.738	22.213
P5	22.763	55.933	61.464	P5	41.211	50.519	74.220	18.448	5.414	12.756
P6	22.522	55.552	65.240	P6	51.106	60.888	84.427	28.584	5.336	19.187
P7	15.956	49.394	56.364	P7	63.843	67.068	97.799	47.887	17.674	

Fonte: Autoria Própria (2022)

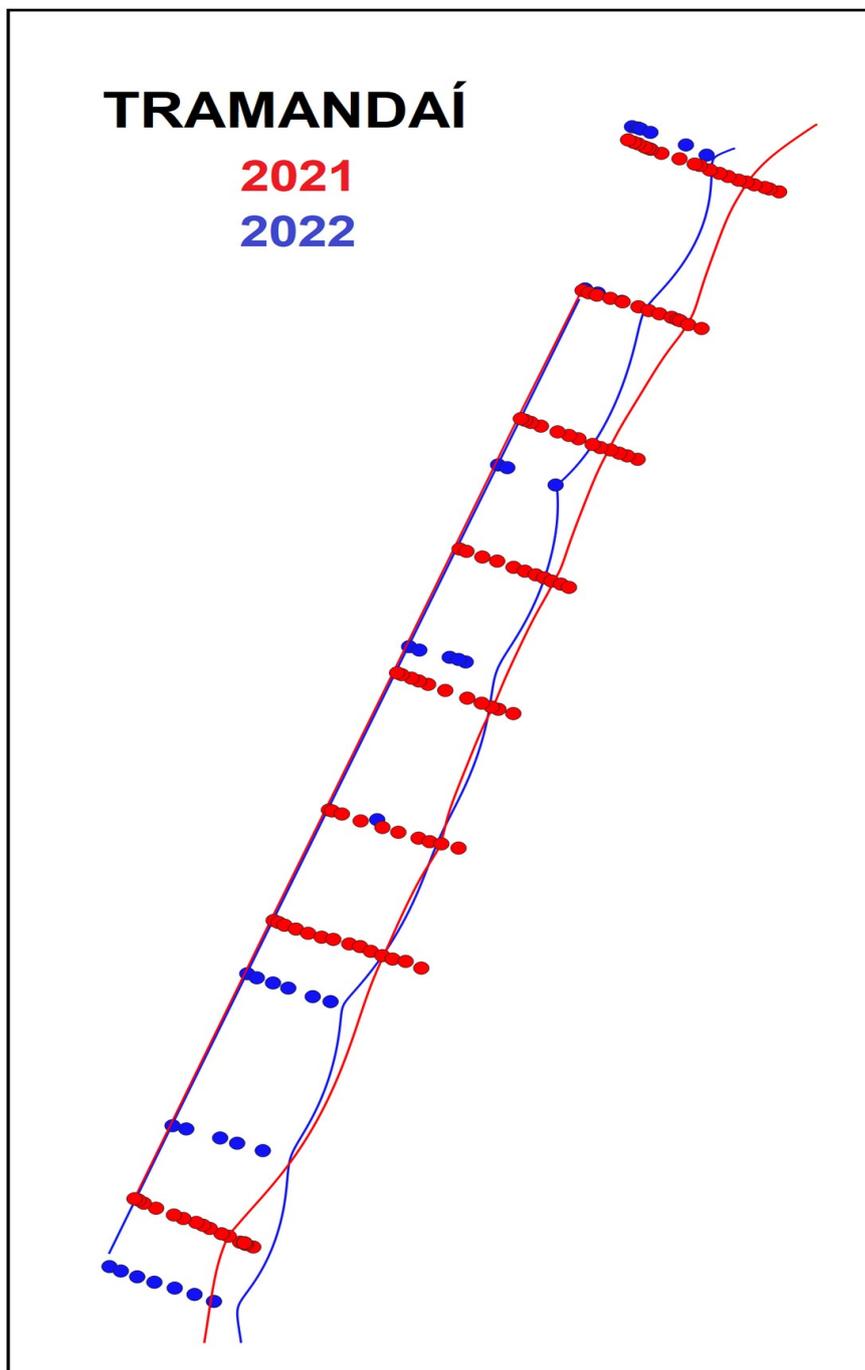
Nas Figuras 41 e 42 é possível verificar como ficaram as diferenças na Linha de Preamar Média de um ano para o outro.

Figura 41 – Diferença entre as feições de pontos de perfis, mureta e LPM de Imbé 2021(em vermelho) e 2022 (em azul)



Fonte: Autoria Própria (2022)

Figura 42 – Diferença entre as feições de pontos de perfis, mureta e LPM de Tramandaí 2021(em vermelho) e 2022 (em azul)

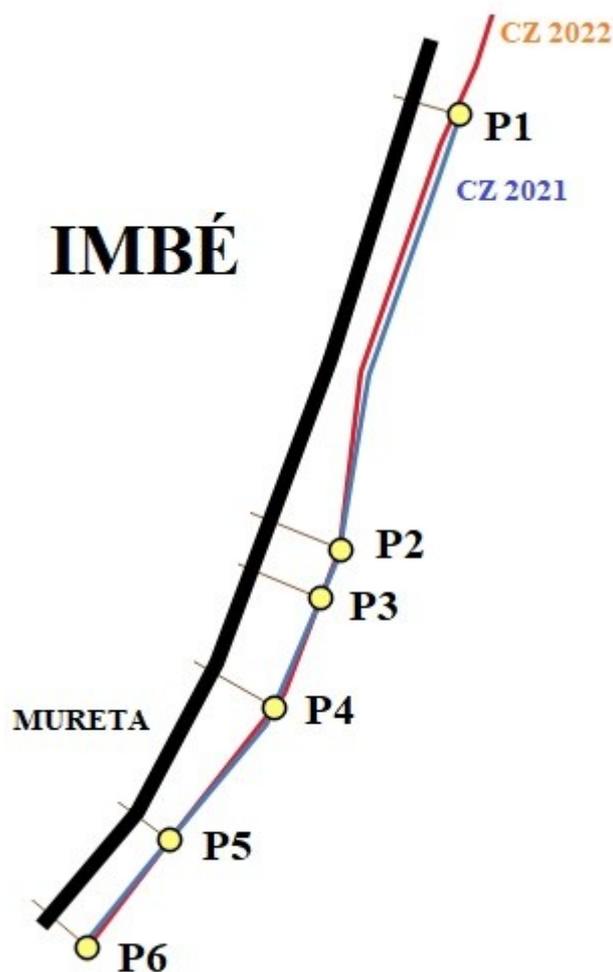


Fonte: Autoria Própria (2022)

#### 4.3.4.2 Caracterização das linhas obtidas com a declividade dos perfis

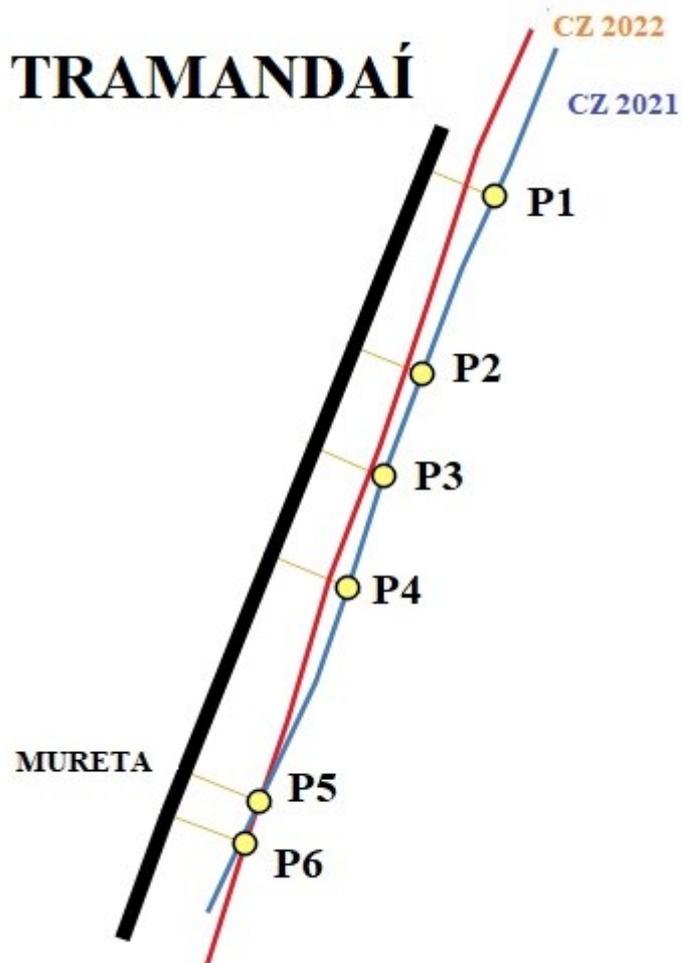
Para definir as linhas obtidas pela declividade dos perfis foram feitas medidas das distâncias mureta-linha exatamente da mesma forma que foram medidas as linhas provenientes do MDT. Porém a localização dos alinhamentos escolhida, desta vez, não foi ao longo de onde encontram-se os perfis e sim nos pontos onde as linhas de cota zero de um ano para o outro encontraram-se mais próximas (Veja as Figuras 43 e 44 abaixo). O motivo desta forma de medição foi o fato de que, logicamente, a posição onde a linha de cota zero mais coincidiu entre os diferentes levantamentos é, provavelmente a mais próxima de uma posição definitiva.

Figura 43 – Representação da forma de medição das distâncias mureta-linha em Imbé – Feições determinadas pela declividade dos perfis.



Fonte: Aatoria Própria (2022)

Figura 44 – Representação da forma de medição das distâncias mureta-linha em Tramandaí – Feições determinadas pela declividade dos perfis.



Fonte: Aatoria Própria (2022)

#### 4.3.4.2.1 Valores das distâncias Mureta-Linhas da declividade dos perfis

Seguem abaixo as Tabelas 23 e 24 com os valores mensurados das distâncias descritas acima.

Tabela 23 – Distâncias (em metros) mureta-linha medidas no projeto Imbé 2021 e Imbé 2022- Declividade dos Perfis

	IMBÉ 2021			IMBÉ 2022			DIFERENÇAS		
	LINHA			LINHA			LINHA		
	33 m	LPM	CZ	33 m	LPM	CZ	33 m	LPM	CZ
1	10.031	43.032	51.532	2.187	35.414	45.198	7.844	7.618	6.334
2	36.624	70.556	77.094	33.714	67.779	76.867	2.91	2.777	0.227
3	37.184	70.186	76.602	35.568	68.584	76.602	1.616	1.602	0
4	32.848	66.048	72.936	31.632	64.934	72.936	1.216	1.114	0
5	9.068	42.089	47.225	7.856	40.861	47.225	1.212	1.228	0
6	7.753	40.769	45.403	8.608	41.642	50.139	0.855	0.873	4.736

Fonte: Autorial Própria (2022)

Tabela 24 – Distâncias (em metros) mureta-linha medidas no projeto Tramandaí 2021 e Tramandaí 2022-Declividade dos Perfis

	TRAMANDAÍ 2021			TRAMANDAÍ 2022			DIFERENÇAS		
	LINHA			LINHA			LINHA		
	33 m	LPM	CZ	33 m	LPM	CZ	33 m	LPM	CZ
1	15.731	48.788	54.995	-7.255	25.828	32.261	22.986	22.96	22.734
2	15.75	48.797	53.782	0.262	33.314	41.194	15.488	15.483	12.588
3	16.235	49.284	55.075	3.458	36.506	44.768	12.777	12.778	10.307
4	22.933	56.079	61.565	5.248	38.343	46.263	17.685	17.736	15.302
5	18.493	51.509	59.52	17.289	50.366	59.523	1.204	1.143	0.003
6	17.034	50.094	57.556	19.272	52.299	61.08	2.238	2.205	3.524

Fonte: Autorial Própria (2022)

#### 4.3.5 Algumas Considerações

Os resultados discrepantes entre as medições das distâncias linha-mureta do levantamento de um ano para o outro levou a um questionamento acerca dos possíveis motivos dessas grandes diferenças, principalmente no que se refere aos levantamentos de Tramandaí. A primeira consideração a se fazer é que os levantamentos foram feitos sob condições climáticas diferentes. No levantamento de 2022 um temporal de grandes proporções havia assolado a região e as praias estavam carregadas de rejeitos trazidos pelo

mar, estava muito frio para entrar na água e a maré estava mais alta do que o comum, provavelmente pela questão do vento. Também foi percebido uma mudança significativa na morfologia da praia, o que posteriormente foi constatado pela discrepância dos dados, mas é possível notar na Tabela 25 que as cotas dos primeiros pontos levantados na praia, os que ficam encostados na mureta, aumentaram em sua maioria no caso de Imbé do ano de 2021 para o ano de 2022, já no caso de Tramandaí os valores diminuíram de um ano para o outro, isto leva a conclusão de que uma quantidade significativa de sedimentos foi levado do sul para o norte do canal do Rio Tramandaí. Veja nas Figuras 45 e 46 abaixo algumas fotos da situação encontrada naquele dia.

Figura 45 – Fotografia do estrago provocado pelo temporal em  
Tramandaí 2022.



Fonte: Aatoria Própria (2022)

Figura 46 – Fotografia da maré alta no levantamento de Tramandaí 2022.



Fonte: Autorial Própria (2022)

A consequência dessa situação do levantamento foi a densidade de dados. No levantamento de 2022 não conseguimos obter a mesma quantidade de pontos que nos levantamentos do ano anterior, mas o pior dano foi não termos alcançado medidas de cotas negativas. A mudança da morfologia da praia devido ao movimento de sedimentos também influenciou na posição planimétrica das linhas. Veja a Tabela 25 abaixo que mostra o primeiro e o último ponto de cada perfil com suas cotas altimétricas e a posição onde se encontraram as linhas de preamar média e cota zero.

Tabela 25 – Posição das linhas de Preamar Média e Cota Zero em relação ao primeiro e último ponto dos perfis

IMBÉ 2021			IMBÉ 2022			TRAMANDAÍ 2021			TRAMANDAÍ 2022		
PERFIL	ID	Z (m)	PERFIL	ID	Z (m)	PERFIL	ID	Z (m)	PERFIL	ID	Z (m)
P1	468	1.760	P1	PI033	1.962	P1	85	1.652	P1	PT021	1.622
	<b>LPM</b>	<b>0.310</b>		<b>LPM</b>	<b>0.310</b>		<b>LPM</b>	<b>0.310</b>		<b>LPM</b>	0.366
	478	0.037		PI037	0.287		<b>CZ</b>	<b>0.000</b>		<b>LPM</b>	<b>0.31</b>
	<b>CZ</b>	<b>0.000</b>		<b>CZ</b>	<b>0.000</b>		70	-0.294		<b>CZ</b>	<b>0.000</b>
P2	463	2.026	P2	PI027	2.272	P2	58	1.751	P2	PT015	1.414
	<b>LPM</b>	<b>0.310</b>		<b>LPM</b>	<b>0.310</b>		<b>LPM</b>	<b>0.310</b>		<b>LPM</b>	0.556
	455	0.084		PI032	0.177		<b>CZ</b>	<b>0.000</b>		<b>LPM</b>	<b>0.31</b>
	<b>CZ</b>	<b>0.000</b>		<b>CZ</b>	<b>0.000</b>		69	-0.286		<b>CZ</b>	<b>0.000</b>

P3	446	1.429	P3	PI020	2.352	P3	51	1.969	P3	PT012	1.73
	<b>LPM</b>	<b>0.310</b>		<b>LPM</b>	<b>0.310</b>		<b>LPM</b>	<b>0.310</b>		PT014	0.323
	<b>CZ</b>	<b>0.000</b>		<b>CZ</b>	<b>0.000</b>		<b>CZ</b>	<b>0.000</b>		<b>LPM</b>	<b>0.31</b>
	454	-0.113		<b>CZ</b>	<b>0.000</b>		40	-0.395		<b>CZ</b>	<b>0.000</b>
P4	402	1.592	P4	PI013	1.833	P4	29	1.707	P4	PT07	1.773
	<b>LPM</b>	<b>0.310</b>		<b>LPM</b>	<b>0.310</b>		<b>LPM</b>	<b>0.310</b>		PT010	0.574
	<b>CZ</b>	<b>0.000</b>		<b>CZ</b>	<b>0.000</b>		<b>CZ</b>	<b>0.000</b>		<b>LPM</b>	<b>0.31</b>
	412	-0.154		<b>CZ</b>	<b>0.000</b>		39	-0.254		<b>CZ</b>	<b>0.000</b>
P5	422	1.780	P5	PI03	2.482	P5	24	1.968	P5	PT02	1.803
	<b>LPM</b>	<b>0.310</b>		<b>LPM</b>	<b>0.310</b>		<b>LPM</b>	<b>0.310</b>		PT06	0.860
	<b>CZ</b>	<b>0.000</b>		<b>CZ</b>	<b>0.000</b>		<b>CZ</b>	<b>0.000</b>		<b>LPM</b>	<b>0.31</b>
	413	-0.221		<b>CZ</b>	<b>0.000</b>		14	-0.282		<b>CZ</b>	<b>0.000</b>
P6	427	2.290	P6	PI040	2.522	P6	3	1.964	P6	PT024	1.692
	<b>LPM</b>	<b>0.310</b>		<b>LPM</b>	<b>0.310</b>		<b>LPM</b>	<b>0.310</b>		PT028	0.692
	<b>CZ</b>	<b>0.000</b>		<b>CZ</b>	<b>0.000</b>		<b>CZ</b>	<b>0.000</b>		<b>LPM</b>	<b>0.31</b>
	434	-0.190		<b>CZ</b>	<b>0.000</b>		13	-0.309		<b>CZ</b>	<b>0.000</b>
P7	441	2.259	P7	PI048	2.057	P7	92	1.779	P7	PT031	1.627
	435	0.408		<b>LPM</b>	<b>0.310</b>		<b>LPM</b>	<b>0.310</b>		PT034	0.519
	<b>LPM</b>	<b>0.310</b>		<b>CZ</b>	<b>0.000</b>		<b>CZ</b>	<b>0.000</b>		<b>LPM</b>	<b>0.31</b>
	<b>CZ</b>	<b>0.000</b>		<b>CZ</b>	<b>0.000</b>		104	-0.309		<b>CZ</b>	<b>0.000</b>
			P8	PI055	2.447	P8	136	1.646	P8	PT036	1.699
				<b>LPM</b>	<b>0.310</b>		<b>LPM</b>	<b>0.310</b>		PT041	0.445
				PI059	0.164		<b>CZ</b>	<b>0.000</b>		<b>LPM</b>	<b>0.31</b>
				<b>CZ</b>	<b>0.000</b>		105	-0.313		<b>CZ</b>	<b>0</b>

Fonte: Autoria Própria (2022)

Na Tabela 25 acima podemos verificar que no levantamento de Imbé 2021 em 4 perfis (Perfil 3, 4, 5 e 6) foram alcançadas medidas de altitudes negativas, e apenas em um perfil (perfil 7) que não se obteve a medida de altitude inferior a cota da LPM. No levantamento de Imbé 2022 nenhuma altitude negativa foi medida, porém apenas dois perfis (perfil 4 e 5) não tiveram altitudes inferiores à cota da LPM medidas. Já nos levantamentos de Tramandaí 2021 foram medidas cotas negativas em todos os perfis, antagonicamente no levantamento de Tramandaí de 2022 não foi medida nenhuma cota com valor abaixo do da LPM. Essas comparações servem para demonstrar o porquê de as diferenças das medidas de linha-mureta dos levantamentos de Imbé 2021 e 2022 não são tão discrepantes do que dos levantamentos de Tramandaí 2021 e 2022. A conclusão é que para uma maior confiabilidade no resultado do posicionamento correto das linhas de Preamar Média e Cota Zero é essencial a obtenção de medidas de altitudes ortométricas negativas.

## 4.4 CÁLCULO DA PROPAGAÇÃO DE ERROS

### 4.4.1 Propagação de erros nos resultados provenientes do MDT

Aqui vamos considerar três fatores que geram erros no resultado final. Os erros advindos do processamento de dados, os erros derivados da transformação de altitudes e os erros envolvidos na obtenção do MDT. As formas como esses erros foram estabelecidos já foram descritas anteriormente. Segue abaixo a Tabela 26 com a lista desses erros. Uma observação que cabe esclarecer aqui é que para Tramandaí 2021 os erros do processamento incluem os valores do processamento de Tramandaí 2022 como propagação destes erros.

Tabela 26 – Erros envolvidos (em metros)

	$\sigma$ PROCESSAMENTO DE DADOS			TRANSF. DE ALT.	MDT
	$\sigma X$	$\sigma Y$	$\sigma h$	$\sigma A1$	$\sigma A2$
IMBÉ 2021	0.012	0.011	0.045	0.1	0.1637
TRAMANDAÍ 2021	0.532	0.209	0.138	0.1	0.2730
IMBÉ 2022	0.014	0.016	0.042	0.1	0.1472
TRAMANDAÍ 2022	0.019	0.013	0.041	0.1	0.3854

Fonte: Autoria Própria (2022)

O cálculo de propagação de erros foi feito apenas com os desvios padrões dos erros que recaem sobre a altitude. Para tanto a fórmula utilizada foi a expressão (4) dada na seção 2.5.3. A Tabela 27 contém os resultados desses cálculos. Nas Figuras 47 e 48 apresentadas abaixo essa faixa de domínio dos erros poderão ser vistas bem como as demais feições.

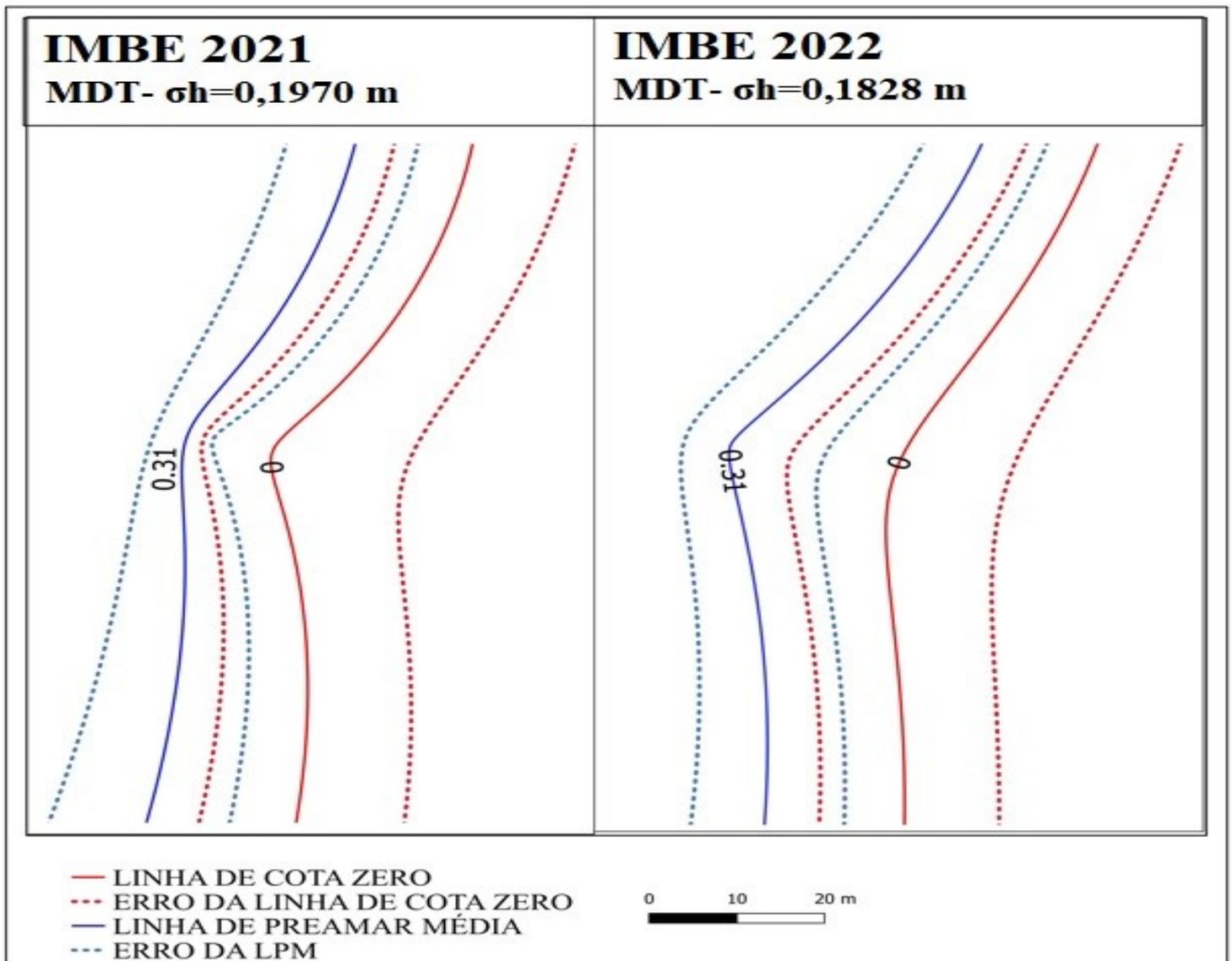
Tabela 27 – Desvio padrão total para as altitudes (em metros)

$\sigma$ TOTAL DE H	
IMBÉ 2021	0.1970
TRAMANDAÍ 2021	0.3219
IMBÉ 2022	0.1828
TRAMANDAÍ 2022	0.4003

Fonte: Aatoria Própria (2022)

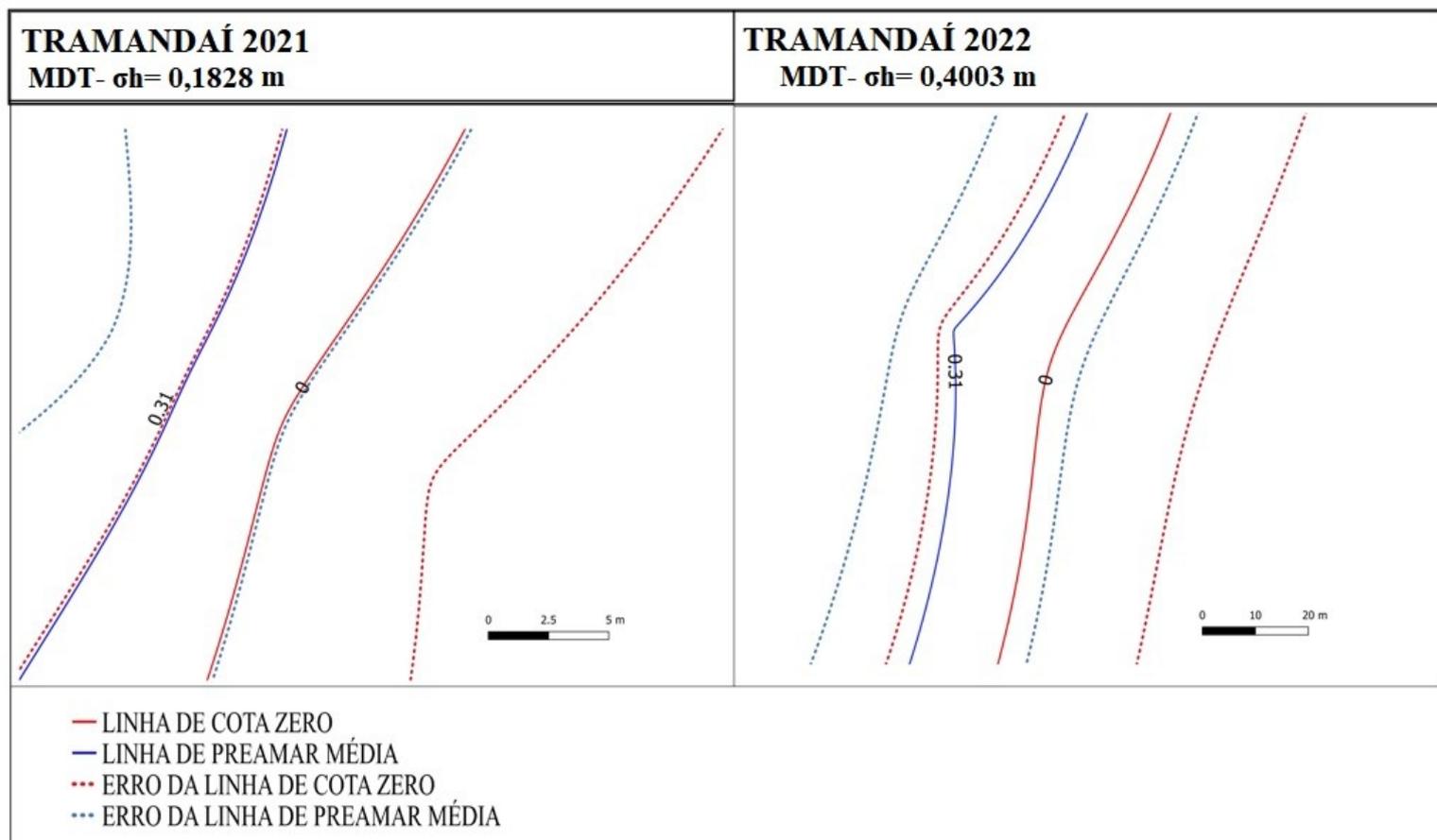
Com esses dados percebe-se que a maior fonte de erros é a modelagem numérica de terreno. É possível também perceber o quanto a densidade de dados interfere nisto, Tramandaí 2022 foi o com pior exatidão justamente por causa disto. O levantamento de Tramandaí 2021 (que foi o com maior densidade de dados) só não foi mais exato que os demais por causa da perda do arquivo da base, porém foi o mais preciso.

Figura 47 – Dimensão das incertezas derivadas do MDT nos levantamentos de Imbé



Fonte: Autoria Própria (2022)

Figura 48 – Dimensão das incertezas derivadas do MDT nos levantamentos de Tramandaí



Fonte: Autoria Própria (2022)

#### 4.4.2 Propagação de erros de resultados provenientes do cálculo da declividade dos perfis

Como mencionado anteriormente, foi verificado que o MDT era a maior fonte de erros nos resultados. A Tabela 28 a seguir mostra a fonte de erro calculada a partir daquele ponto ID 42 do levantamento de Tramandaí 2021. Tendo os erros nos eixos X e Y (Tabela 20) e o erro em H foi calculado com relação de triângulos, da mesma forma que as coordenadas foram

calculadas. Apesar dessa estimativa ser baseada em apenas um ponto ela será incluída nos próximos cálculos.

Tabela 28 – Erros derivados do cálculo de coordenadas por meio da declividade dos perfis.

PERFIS		
$\sigma X$ (m)	$\sigma Y$ (m)	$\sigma h$ (m)
-0.0879	-0.0722	-0.00357

Fonte: Autorial Própria (2022)

Os erros em X, Y e H foram acrescentados aos derivados do processamento de dados pela mesma expressão (4), e o mesmo foi feito para os erros na vertical, que são os que mais nos interessa.

Tabela 29 – Erros totais derivados do cálculo de coordenadas por meio da declividade dos perfis.

	ERROS PROCESSAMENTO + CÁLCULO DOS PERFIS				$\sigma$ TOTAL
	$\sigma X$ (m)	$\sigma Y$ (m)	$\sigma h$ (m)	TRANSF. DE ALT. $\sigma A1$ (m)	DE H (m)
IMBÉ 2021	0.0886	0.0730	0.0451	0.1	0.1097
TRAMANDAÍ 2021	0.5385	0.2211	0.1320	0.1	0.1656
IMBÉ 2022	0.0889	0.0739	0.0421	0.1	0.1085
TRAMANDAÍ 2022	0.0898	0.0733	0.0411	0.1	0.1081

Fonte: Autorial Própria (2022)

Na Tabela 30 apresentada a seguir é possível verificar as diferenças entre os erros de um método para o outro.

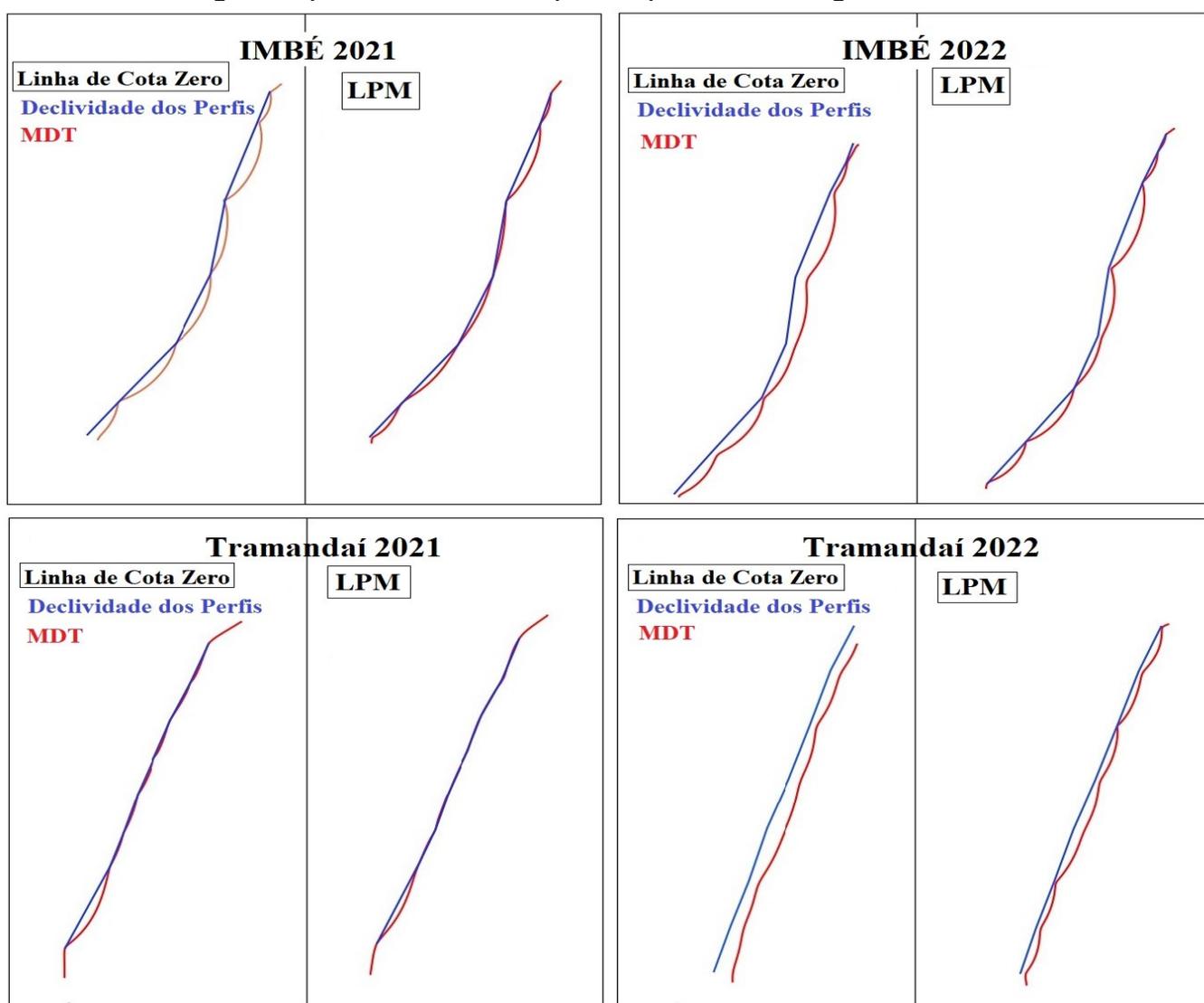
Tabela 30 – Diferença de erros entre os dois métodos (MDT e Declividade dos Perfis)

	ERROS	ERROS	$\Delta$ ERROS
	MDT (m)	PERFIS (m)	(m)
IMBÉ 2021	0.1970	0.1097	0.0873
TRAMANDAÍ 2021	0.3193	0.1656	0.1536
IMBÉ 2022	0.1828	0.1085	0.0743
TRAMANDAÍ 2022	0.4003	0.1081	0.2921

Fonte: Autorial Própria (2022)

A diferença entre a precisão do MDT pode ser observada na Figura 49 abaixo e de novo constatar que nos levantamentos de 2021, que tiveram maiores amostras de pontos, as linhas obtidas pelos MDTs se aproximaram mais das linhas obtidas pela declividade dos perfis. Vale ressaltar que existe uma fonte de erro que não está sendo considerada nestes cálculos que é o fato da não obtenção de medidas de cotas negativas nos levantamento de 2022 e da movimentação de sedimentos de um ano para o outro que mudou a morfologia da praia.

Figura 49 – Diferença entre as linhas de Cota Zero e Preamar Média geradas pela declividade dos perfis e pelo Modelo Digital de Terreno.



Fonte: Autoria Própria (2022)

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

*Apresentam-se, neste capítulo, as principais conclusões obtidas a partir do desenvolvimento e dos resultados alcançados do trabalho, bem como as recomendações e contribuições que possam colaborar para trabalhos futuros.*

### 5.1 CONCLUSÕES

O estudo foi realizado na cidade de Tramandaí e Imbé, em trechos de praia com cerca de 0,5 km<sup>2</sup> cada. A região em questão é altamente povoada o que torna a futura determinação correta das dimensões de terrenos de marinha e seus acrescidos mais relevante, e esses levantamentos podem ser usados como base para análises futuras de mudanças morfológicas e de possíveis impactos com a variação do nível médio do mar.

O objetivo do trabalho foi atingido, ou seja, foi possível determinar as Linhas de Cota Zero e Linhas de Preamar Média para os anos de 2021 e 2022 localizadas nas praias de Imbé e Tramandaí e a determinação das incertezas envolvidas no método que resultaram em valores verticais entre 0,18 e 0,40 metros, quando modelos digitais de terrenos foram aplicados, e entre 0,11 e 0,16 metros quando as linhas foram determinadas pelo cálculo de declividade dos perfis. Porém, para os levantamentos de 2022 uma incerteza foi acrescentada pela baixa densidade de dados e a não obtenção de cotas negativas, além da movimentação de sedimentos que acarretou numa mudança da morfologia da praia, e não foi possível estimar a amplitude desta incerteza, mas é possível afirmar que esta se acresce para o lado do oceano. Também foi efetuada a determinação da posição da linha que dista 33 metros da Linha de Preamar Média nos conformes do que prediz o Decreto-Lei nº 9.760/46 em relação às distâncias, e podemos afirmar que esta encontra-se na praia em todos os levantamentos realizados.

Os dados de amplitude de marés obtidos no estudo de Andrade, Nunes e Toldo (2018) foram de extrema importância para a realização do trabalho. Também é possível perceber que a amplitude média da maré astronômica, de 0,31 metros, obtida neste estudo é extremamente semelhante à encontrada no estudo de Almeida, Rosauero e Toldo (1997) que foi de 0,3 metros.

Algumas dificuldades foram enfrentadas, entre elas a pandemia de Covid 19 que atrasou saídas de campo e acessos aos laboratórios da universidade, a perda dos arquivos das bases dos levantamentos de 2021 que resultou em incertezas maiores, a impossibilidade de

processar os dados do RTK no software Topcon Tools e de fazer um ajustamento de rede com os demais marcos levantados, a baixa capacidade computacional do notebook utilizado, o inverno na saída de campo de 2022 que dificultou o levantamento dentro d'água e a obtenção de altitudes negativas e a falta de recursos para uma melhor dedicação nos levantamentos de campo que poderiam resultar em uma densidade maior de dados e que tornou inviável a escolha das datas e horários em que a maré estivesse mais baixa.

## 5.2 RECOMENDAÇÕES

Sobre os levantamentos de campo recomenda-se que sejam feitos de preferência nos dias e horários de marés mais baixas, estes são os momentos que possibilitarão levantar pontos para além do nível médio do mar local. Frisando aqui a importância da obtenção de cotas negativas para uma determinação correta das linhas de cota zero e preamar média. Também, aconselha-se que sejam evitados a realização dos levantamentos em épocas muito próximas de eventos extremos, principalmente no que se refere às praias do Rio Grande do Sul que são de mar aberto e sujeitas à intempéries na costa.

No estudo de Andrade, Nunes e Toldo (2018) um perfilador acústico foi instalado no mar e um sensor de pressão, porém a posição geodésica destes equipamentos não foi obtida, o que impossibilitou na obtenção da compatibilização do nível médio do mar local com o nível médio do mar adotado pelo Sistema Geodésico Brasileiro. Recomenda-se que para estudos com a finalidade de determinar as Linhas de Cota Zero e de Preamar Média esta posição geodésica seja estabelecida com rigor.

Apesar do resultado menos exato do MDT este é de extrema importância, pois facilita a manipulação dos dados caso exista o desejo da obtenção de outras informações, como a posição que a onda atinge em variadas amplitudes. Portanto recomenda-se que seja utilizado outro modelo de interpolação. A desvantagem, para este caso, da Krigagem é que ela suaviza o resultado alterando inclusive o valor dos pontos amostrados, porém é um método que além de interpolar também extrapola as estimativas para além da área levantada, o que nos foi necessário devido ao fato de não ter atingido cotas negativas em 2022.

Os dados obtidos nos levantamentos podem ser usados para outras finalidades como a determinação do nível e posição de inundações, como em casos de marés muito altas provocadas por questões meteorológicas, semelhantes as observadas no estudo de Andrade, Nunes e Toldo (2018). E também para a determinação da Linha de Preamar Média de 1831

que define a referência para os terrenos de marinha e seus acrescidos, caso a taxa de variação do nível médio do mar local seja estimada e vinculada ao Sistema Geodésico Brasileiro.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Luiz Emílio Sá Brito de; ROSAURO, Nara Maria Luzzi; TOLDO, Elírio Ernestino. 1997. **Análise preliminar das marés na barra do Rio Tramandaí**, RS. XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Vitória, ES. 12. 560-566.

ANDRADE, Mauro Michelena; NUNES, José Carlos Rodrigues; TOLDO, Elírio Ernestino. **Tidal and subtidal oscillations in a shallow water system in southern Brazil**. Brazilian Journal of Oceanography, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 2 jul. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1679-87592018017406603>>. Acesso em: Acesso em 29 de out. 2022.

ANDRELLO, A.C, TOGINHO FILHO, D. O. **Medição e propagação de erros**. Catálogo de Experimentos do Laboratório Integrado de Física Geral: Departamento de Física, Universidade Estadual de Londrina, Março 2009. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/aulas/lce5702/medicao.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2022.

BANCO MUNDIAL. **Groundswell: Acting on Internal Climate Migration**: The World Bank Group at Work. Washington D.C.: World Bank, 2021. Disponível em: <<https://blogs.worldbank.org/voices/millions-move-what-climate-change-could-mean-internal-migration>> Acesso em 04 de ago. 2022.

BRASIL, Leis, Decretos, Regulamentos, Câmara dos Deputados. **PROPOSTA DE EMENDA À CONSTITUIÇÃO Nº 39-C DE 2011**. Brasília. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=508965>>. Acesso em: Acesso em 28 de out. 2022.

BRASIL, Leis, Decretos, Regulamentos, etc. **Constituição da República Federativa do Brasil, Promulgada em 05 de outubro de 1988**. Brasília. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em: Acesso em 27 de out. 2022.

BRASIL, Leis, Decretos, Regulamentos, etc. **Decreto-Lei no 9.760, de 05 de setembro de 1946**. Dispõe sobre os bens imóveis da União, e dá outras providências. Rio de Janeiro. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/del9760.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del9760.htm)>. Acesso em: Acesso em 27 de out. 2022.

BRASIL, Leis, Decretos, Regulamentos, etc./SPU - Secretaria do Patrimônio da União. **Instrução Normativa No 2, de 12 de março de 2001**. Brasília: Diário Oficial da União (DOU) de 12/03/01.

BRASIL, Leis, Decretos, Regulamentos, etc./SPU/SEDDM/ME - Secretaria do Patrimônio da União da Secretaria Especial de Desestatização, Desinvestimento e Mercados do Ministério da Economia. **Instrução Normativa No 28, de 26 de abril de 2022**. Brasília: Diário Oficial da União (DOU) de 05/05/2022, Edição n. 84, Seção 1, p. 41.

CAMARA, Gilberto.; MEDEIROS, José Simeão de. **Geoprocessamento em Projetos Ambientais**. 2ª ed. São José dos Campos: INPE, 1998.

DALAZOANA, Regiane; LUZ, Roberto Teixeira; FREITAS, Sílvio Rogério Correia de. **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.** Curitiba, UFPR. Vol 57. no 2. 2005. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44953>> Acesso em 04 de ago. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). **GLONASS (Global Navigational Satellite System).** 2020. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/glonass>> Acesso em 19 de set. 2022.

FERREIRA, Ítalo Oliveira; RODRIGUES, Dalto Domingos; SANTOS, Gérson Rodrigues dos; **Estudo Sobre a Utilização Adequada da Krigagem na Representação Computacional de Superfícies Batimétricas. Revista Brasileira de Cartografia:** Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto. 2013.

GALILEO, **European Global Navigation Satellite System. EUSPA, the European Union Agency for the Space Programme: The start of a new era for EU Space.** 2021. Disponível em: <<https://galileognss.eu/euspa-the-european-union-agency-for-the-space-programme-the-start-of-a-new-era-for-eu-space/>> Acesso em 19 de set. 2022.

GARRISON, Tom. **Fundamentos de Oceanografia - Tradução da 7ª edição norte-americana.** São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2016. E-book. ISBN 9788522124220. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522124220/>. Acesso em: 13 set. 2022.

GEMAEL, Camil. **Introdução à Geodésia Física.** Curitiba: Editora da UFPR, 1999.

GEMAEL, Camil. **Introdução à Geodésia Geométrica.** Curitiba: Editora da UFPR, 1987.

GEMAEL, Camil. ANDRADE, J. B. **Geodésia Celeste.** Curitiba: Editora UFPR, 2015.

GODINHO, Joana Rocha Pires Mendes. **Variação temporal das principais constituintes harmônicas da maré de Cascais.** 2011. Tese (Mestrado em Engenharia Geográfica) - Universidade de Lisboa; Faculdade de Ciências; Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia, Lisboa 2011.

GOMES, Irene. **Geodésia: Relatório mostra 20 anos de monitoramento de coordenadas geográficas. Agência IBGE notícias.** 29 de jan. 2021. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/32579-relatorio-mostra-20-anos-de-monitoramento-de-coordenadas-geograficas>> Acesso em: 23 de set. 2022.

GUIMARÃES, Carlos Alberto. **Na Terra e no Mar: De grandes obras a prevenção de catástrofes, conheça as funções das redes geodésicas. Agência IBGE notícias.** 29 de jan. 2021. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia->

[de-noticias/noticias/29950-de-grandes-obras-a-prevencao-de-catastrofes-conheca-as-funcoes-das-redes-geodesicas](#)> Acesso em: 23 de set. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas Escolar. Conceitos Gerais. O que é Cartografia? GNSS.** 2022a. Disponível em:

<<https://atlasescolar.ibge.gov.br/conceitos-gerais/o-que-e-cartografia/sistema-global-de-navegac-a-o-por-sate-litess.html>> Acesso em: 19 set. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Dez Anos de Monitoramento do Nível do Mar no IBGE.** [s.d.]a. Disponível em:

<[https://geoftp.ibge.gov.br/metodos\\_e\\_outros\\_documentos\\_de\\_referencia/outros\\_documentos\\_tecnicos/rmpg/10anos.pdf](https://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/outros_documentos_tecnicos/rmpg/10anos.pdf)> Acesso em: 30 set. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Modelo hgeoHNOR2020 para Conversão de Altitudes Geométricas em Altitudes Normais.** 2021a. Disponível em:

<<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101841.pdf>> Acesso em: 30 set. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Monitoramento da Variação do Nível Médio do Mar nas Estações da Rede Maregráfica Permanente para Geodésia 2001-2020.** 2021b. Disponível em:

<<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101890>> Acesso em: 07 jul. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama- Cidades 2010.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>> Acesso em 01 de nov. de 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Recomendações para Levantamentos Relativos Estáticos – GPS** 2008. Disponível em:

<[https://geoftp.ibge.gov.br/metodos\\_e\\_outros\\_documentos\\_de\\_referencia/normas/recom\\_gps\\_internet.pdf](https://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/recom_gps_internet.pdf)> Acesso em 07 de nov. de 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Rede Altimétrica: Sobre a publicação.**[s.d.]b. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/rede-geodesica/16283-rede-altimetrica.html?=&t=sobre>> Acesso: 30 set. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS: Sobre a publicação.**[s.d.]c. Disponível em:

<<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/rede-geodesica/16258-rede-brasileira-de-monitoramento-contiuo-dos-sistemas-gnss-rbmc.html?=&t=sobre>> Acesso: 23 set. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Rede Maregráfica Permanente para Geodésia.** 2022b. Disponível em:

<<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/rede-geodesica/10842-rmpg-rede-maregrafica-permanente-para-geodesia.html?=&t=acesso-ao-produto>> Acesso em: 07 jul. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Relatório de Monitoramento da Variação do Nível Médio do Mar nas Estações da Rede Maregráfica**

**Permanente para Geodésia – 2001-2012.** 2013. Disponível em:  
<<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=267218>>  
Acesso em: 07 jul. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Relatório Reajustamento da Rede Altimétrica com Números Geopotenciais REALT-2018.** 2019. Disponível em:  
<<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101594.pdf>> Acesso: 30 set. 2022.

LIMA, Obéde Pereida de. **Localização geodésica da linha da preamar média de 1831 – LPM/1831, com vistas à demarcação dos terrenos de marinha e seus acrescidos.** Florianópolis: UFSC, 2002. Tese (Doutorado em Engenharia) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

LIMOEIRO, Milena de Araújo. **Comparação de Métodos de Determinação da Linha Da Preamar Média (LPM) de 1831 para Caracterização de Terrenos de Marinha Estudo de Caso: Praia da Boa Viagem.** Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) - Universidade Federal da Bahia Escola Politécnica. Salvador 2016.

LOPES, M. **Ainda os terrenos de marinha... Jusbrasil.** 17 de dez. 2010. Disponível em:  
<<https://jus.com.br/artigos/18066/ainda-os-terrenos-de-marinha>> Acesso em: 27 de out. 2022.

MATSUOKA, Marcelo Tomio. **Controle de Qualidade Aplicado no Ajustamento de Observações pelo Método Paramétrico para Aplicações Geodésicas.** 2003. 46 p. Trabalho acadêmico da disciplina “Controle de Qualidade em Posicionamento Geodésico” (Programa de Pós-graduação em Ciências Cartográficas) - UNESP, Presidente Prudente, 2003.

MODELLI, Laís. **Ministro de Tuvalu grava discurso para COP 26 de dentro do mar em protesto contra risco de ilha desaparecer. Portal G1,** 06 de nov. de 2021. Disponível em:  
<<https://g1.globo.com/meio-ambiente/cop-26/noticia/2021/11/06/ministro-de-tuvalu-grava-discurso-para-cop-26-de-dentro-do-mar-em-protesto-contr-risco-de-ilha-desaparecer.ghtml>>  
Acesso em: 04 de ago. 2022.

MONICO, João Francisco Galera. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações.** São Paulo: Editora UNESP, 2008.

NAVIGATION CENTER (NAVCEN, sigla em inglês). 2022. **Global Positioning System (GPS) Overview.** Disponível em: <<https://www.navcen.uscg.gov/global-positioning-system-overview>> Acesso em 19 de set. 2022.

PAINEL GOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (IPCC, sigla em inglês). 2019. **Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities.** In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. Disponível em:  
<<https://www.ipcc.ch/srocc/chapter/chapter-4-sea-level-rise-and-implications-for-low-lying-islands-coasts-and-communities/>> Acesso em 04 de ago. 2022.

PINET, Paul R. **Fundamentos de Oceanografia.** Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2017. E-book. ISBN 9788521634485. Disponível em:  
<https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521634485/>. Acesso em: 13 set. 2022.

PREFEITURA DE IMBÉ. **A Cidade**. Disponível em: <[https://www.imbe.rs.gov.br/?titulo=Munic%EDpio&template=conteudo&categoria=813&codigoCategoria=813&idConteudo=2740&tipoConteudo=INCLUDE\\_MOSTRA\\_CONTEUDO](https://www.imbe.rs.gov.br/?titulo=Munic%EDpio&template=conteudo&categoria=813&codigoCategoria=813&idConteudo=2740&tipoConteudo=INCLUDE_MOSTRA_CONTEUDO)>. Acesso em 01 de nov. de 2022.

PREFEITURA DE TRAMANDAÍ. **A Cidade**. Disponível em: <<http://www.tramandai.rs.gov.br/cidade.php?url=&>>. Acesso em 01 de nov. de 2022.

SEA LEVEL RESEARCH GROUP. 2021. **Most Recent GMSL Release**. Disponível em: <<https://sealevel.colorado.edu/>> Acesso em 04 de ago. 2022.

SILVA, Márcio Leonel Rosa da. **Desenvolvimento de uma Metodologia para Mapeamento de Mobilidade de Praia**. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Cartográfica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre 2015.

SOBEL, D. **Longitude: a verdadeira história de um gênio solitário que resolveu o maior problema científico do Século XVIII**, Tradução de Bazán Tecnologia e Linguística. Rio de Janeiro: Ediouro, 144p., 1996.

STURARO, J. R, 2015. **Apostila de Geoestatística Básica**. UNESP/campus de Rio Claro Departamento de Geologia Aplicada.

TULER, Marcelo; SARAIVA, Sérgio. **Fundamentos de geodésia e cartografia (Tekne)**. Porto Alegre: Grupo A, 2016. E-book. ISBN 9788582603697. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582603697/>. Acesso em: 19 set. 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. LAGEO. **Transformação entre Referenciais Geodésicos**. [s.d.]. Disponível em: <[https://www.ufrgs.br/lageo/calculos/refer\\_exp.html](https://www.ufrgs.br/lageo/calculos/refer_exp.html)>. Acesso em: 30 set. de 2022.

ZANON, S. F. **A verdadeira história dos terrenos de marinha e questões jurídicas controversas. Jusbrasil**. 05 de maio 2017. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/57458/a-verdadeira-historia-dos-terrenos-de-marinha-e-questoes-juridicas-controversas>> Acesso em: 27 de out. 2022.

## APÊNDICE A – Cálculos do Processamento dos Dados e Conversão de Altitudes de Imbé 2021

CÁLCULOS PROCESSAMENTO IMBÉ 2021												
	N (m)	E (m)	h (ELIP) (m)									
BASEIMBE				COORDENADAS BRUTAS			COORDENADAS PROCESSADAS (P+Δ)			CONVERSÃO DE ALTITUDES		
							FATOR	H				
							CONVERS	INCERTEZ	(GEOIDE)			
"ID"	N (m)	E (m)	h (ELIP) (m)	N (m)	E (m)	h (ELIP) (m)	ÃO (m)	A (m)	(m)			
BASE_IMB												
E1	6684083.18	585228.099	17.611	6684086.327	585226.688	5.843	3.17	0.1	2.673			
400	6684083.01	585228.952	17.578	6684086.157	585227.541	5.81	3.17	0.1	2.64			
401	6684082.489	585229.808	18.135	6684085.636	585228.397	6.367	3.17	0.1	3.197			
402	6684082.49	585230.276	16.53	6684085.637	585228.865	4.762	3.17	0.1	1.592			
403	6684081.468	585232.17	16.494	6684084.615	585230.759	4.726	3.17	0.1	1.556			
404	6684079.717	585236.369	16.933	6684082.864	585234.958	5.165	3.17	0.1	1.995			
405	6684073.632	585255.226	16.223	6684076.779	585253.815	4.455	3.17	0.1	1.285			
406	6684070.396	585264.846	15.982	6684073.543	585263.435	4.214	3.17	0.1	1.044			
407	6684067.741	585273.664	15.772	6684070.888	585272.253	4.004	3.17	0.1	0.834			
408	6684064.413	585282.077	15.776	6684067.56	585280.666	4.008	3.17	0.1	0.838			
409	6684064.782	585287.19	15.656	6684067.929	585285.779	3.888	3.17	0.1	0.718			
410	6684062.009	585293.56	15.44	6684065.156	585292.149	3.672	3.17	0.1	0.502			
411	6684059.281	585300.857	15.028	6684062.428	585299.446	3.26	3.17	0.1	0.09			
412	6684058.344	585306.656	14.784	6684061.491	585305.245	3.016	3.17	0.1	-0.154			
413	6683884.337	585233.979	14.717	6683887.484	585232.568	2.949	3.17	0.1	-0.221			
414	6683884.088	585234.201	14.724	6683887.235	585232.79	2.956	3.17	0.1	-0.214			
415	6683887.526	585229.024	14.959	6683890.673	585227.613	3.191	3.17	0.1	0.021			
416	6683890.905	585222.753	15.279	6683894.052	585221.342	3.511	3.17	0.1	0.341			
417	6683894.684	585215.999	15.699	6683897.831	585214.588	3.931	3.17	0.1	0.761			
418	6683900.274	585205.84	15.953	6683903.421	585204.429	4.185	3.17	0.1	1.015			
419	6683906.858	585191.393	16.148	6683910.005	585189.982	4.38	3.17	0.1	1.21			
420	6683912.003	585181.913	16.368	6683915.15	585180.502	4.6	3.17	0.1	1.43			
421	6683916.043	585173.865	16.712	6683919.19	585172.454	4.944	3.17	0.1	1.774			
422	6683919.992	585165.605	16.718	6683923.139	585164.194	4.95	3.17	0.1	1.78			
423	6683920.107	585165.436	18.156	6683923.254	585164.025	6.388	3.17	0.1	3.218			
424	6683920.764	585164.549	17.753	6683923.911	585163.138	5.985	3.17	0.1	2.815			
425	6683768.505	585074.591	17.465	6683771.652	585073.18	5.697	3.17	0.1	2.527			
426	6683767.568	585075.354	17.969	6683770.715	585073.943	6.201	3.17	0.1	3.031			
427	6683767.427	585075.611	17.228	6683770.574	585074.2	5.46	3.17	0.1	2.29			
428	6683762.661	585080.481	16.606	6683765.808	585079.07	4.838	3.17	0.1	1.668			
429	6683756.606	585087.058	16.099	6683759.753	585085.647	4.331	3.17	0.1	1.161			
430	6683751.916	585092.182	15.882	6683755.063	585090.771	4.114	3.17	0.1	0.944			
431	6683747.791	585096.921	15.913	6683750.938	585095.51	4.145	3.17	0.1	0.975			
432	6683745.779	585099.454	15.634	6683748.926	585098.043	3.866	3.17	0.1	0.696			
433	6683742.364	585105.526	15.083	6683745.511	585104.115	3.315	3.17	0.1	0.145			

434	6683738.686	585110.52	14.748	6683741.833	585109.109	2.98	3.17	0.1	-0.19
435	6683662.516	585036.716	15.346	6683665.663	585035.305	3.578	3.17	0.1	0.408
436	6683665.918	585031.977	15.736	6683669.065	585030.566	3.968	3.17	0.1	0.798
437	6683668.294	585028.787	15.998	6683671.441	585027.376	4.23	3.17	0.1	1.06
438	6683673.208	585021.405	16.236	6683676.355	585019.994	4.468	3.17	0.1	1.298
439	6683678.875	585013.403	16.673	6683682.022	585011.992	4.905	3.17	0.1	1.735
440	6683682.658	585008.574	16.776	6683685.805	585007.163	5.008	3.17	0.1	1.838
441	6683685.73	585004.842	17.197	6683688.877	585003.431	5.429	3.17	0.1	2.259
442	6683686.037	585004.117	17.917	6683689.184	585002.706	6.149	3.17	0.1	2.979
443	6683686.844	585003.607	17.496	6683689.991	585002.196	5.728	3.17	0.1	2.558
444	6684260.777	585290.338	17.672	6684263.924	585288.927	5.904	3.17	0.1	2.734
445	6684259.792	585293.514	18.108	6684262.939	585292.103	6.34	3.17	0.1	3.17
446	6684259.702	585293.871	16.367	6684262.849	585292.46	4.599	3.17	0.1	1.429
447	6684259.083	585296.127	16.229	6684262.23	585294.716	4.461	3.17	0.1	1.291
448	6684256.657	585303.173	16.497	6684259.804	585301.762	4.729	3.17	0.1	1.559
449	6684254.77	585309.574	16.313	6684257.917	585308.163	4.545	3.17	0.1	1.375
450	6684253.332	585314.505	15.998	6684256.479	585313.094	4.23	3.17	0.1	1.06
451	6684251.44	585320.123	15.648	6684254.587	585318.712	3.88	3.17	0.1	0.71
452	6684249.173	585326.237	15.2	6684252.32	585324.826	3.432	3.17	0.1	0.262
453	6684246.385	585334.087	14.96	6684249.532	585332.676	3.192	3.17	0.1	0.022
454	6684246.268	585333.978	14.825	6684249.415	585332.567	3.057	3.17	0.1	-0.113
455	6684439.628	585400.414	15.012	6684442.775	585399.003	3.244	3.16	0.1	0.084
456	6684442.021	585394.712	15.377	6684445.168	585393.301	3.609	3.16	0.1	0.449
457	6684445.043	585384.004	16.014	6684448.19	585382.593	4.246	3.16	0.1	1.086
458	6684446.785	585378.754	16.209	6684449.932	585377.343	4.441	3.16	0.1	1.281
459	6684448.321	585373.928	16.238	6684451.468	585372.517	4.47	3.16	0.1	1.31
460	6684450.3	585368.331	16.578	6684453.447	585366.92	4.81	3.16	0.1	1.65
461	6684453.617	585357.649	16.82	6684456.764	585356.238	5.052	3.16	0.1	1.892
462	6684455.625	585351.856	16.615	6684458.772	585350.445	4.847	3.16	0.1	1.687
463	6684456.345	585349.385	16.954	6684459.492	585347.974	5.186	3.16	0.1	2.026
464	6684456.499	585349.142	18.162	6684459.646	585347.731	6.394	3.16	0.1	3.234
465	6684456.739	585348.889	17.675	6684459.886	585347.478	5.907	3.16	0.1	2.747
466	6684532.652	585369.458	17.7	6684535.799	585368.047	5.932	3.16	0.1	2.772
467	6684532.557	585369.639	18.124	6684535.704	585368.228	6.356	3.16	0.1	3.196
468	6684534.631	585371.132	16.688	6684537.778	585369.721	4.92	3.16	0.1	1.76
469	6684533.495	585374.249	16.47	6684536.642	585372.838	4.702	3.16	0.1	1.542
470	6684532.224	585378.48	16.623	6684535.371	585377.069	4.855	3.16	0.1	1.695
471	6684530.588	585383.31	16.54	6684533.735	585381.899	4.772	3.16	0.1	1.612
472	6684528.638	585389.173	16.436	6684531.785	585387.762	4.668	3.16	0.1	1.508
473	6684526.405	585395.331	16.176	6684529.552	585393.92	4.408	3.16	0.1	1.248
474	6684524.309	585401.547	15.993	6684527.456	585400.136	4.225	3.16	0.1	1.065
475	6684521.886	585407.878	15.838	6684525.033	585406.467	4.07	3.16	0.1	0.91
476	6684519.784	585413.565	15.564	6684522.931	585412.154	3.796	3.16	0.1	0.636
477	6684516.657	585421.047	15.165	6684519.804	585419.636	3.397	3.16	0.1	0.237
478	6684515.067	585426.586	14.965	6684518.214	585425.175	3.197	3.16	0.1	0.037

## APÊNDICE B – Cálculos do Processamento dos Dados e Conversão de Altitudes de Tramandaí 2021

### CÁLCULOS PROCESSAMENTO TRAMANDAÍ 2021

VALORES DE CORREÇÃO									
$\Delta N$ (m)	$\Delta E$ (m)	$\Delta h$ (m)							
-0.768	1.93	1.312							
COORDENADAS BRUTAS			COORDENADAS PROCESSADAS				CONVERSÃO DE ALTITUDES		
"ID"	N (m)	E (m)	H (m)	N- $\Delta N$ (m)	E- $\Delta E$ (m)	FATOR		H(GEOIDE) (m)	
						h- $\Delta h$ (ELIP) (m)	CONVERS ÃO (m)		INCERTEZ A (m)
BASE_TRA									
M	6681522.535	584178.382	7.476	6681523.303	584176.452	6.164	3.2	0.1	2.964
1	6681521.48	584183.089	7.519	6681522.248	584181.159	6.207	3.2	0.1	3.007
2	6681521.343	584183.423	7.94	6681522.111	584181.493	6.628	3.2	0.1	3.428
3	6681521.376	584183.67	6.476	6681522.144	584181.74	5.164	3.2	0.1	1.964
4	6681520.68	584184.977	6.323	6681521.448	584183.047	5.011	3.2	0.1	1.811
5	6681520.096	584186.508	6.56	6681520.864	584184.578	5.248	3.2	0.1	2.048
6	6681518.242	584191.301	6.323	6681519.01	584189.371	5.011	3.2	0.1	1.811
7	6681514.063	584200.411	5.805	6681514.831	584198.481	4.493	3.2	0.1	1.293
8	6681510.113	584211.009	5.447	6681510.881	584209.079	4.135	3.2	0.1	0.935
9	6681507.204	584218.748	5.282	6681507.972	584216.818	3.97	3.2	0.1	0.77
10	6681503.647	584228.58	5.288	6681504.415	584226.65	3.976	3.2	0.1	0.776
11	6681501.522	584233.968	5.023	6681502.29	584232.038	3.711	3.2	0.1	0.511
12	6681500.199	584239.657	4.667	6681500.967	584237.727	3.355	3.2	0.1	0.155
13	6681497.661	584248.039	4.203	6681498.429	584246.109	2.891	3.2	0.1	-0.309
14	6681578.959	584274.677	4.23	6681579.727	584272.747	2.918	3.2	0.1	-0.282
15	6681581.553	584267.412	4.541	6681582.321	584265.482	3.229	3.2	0.1	0.029
16	6681582.896	584264.145	4.731	6681583.664	584262.215	3.419	3.2	0.1	0.219
17	6681585.232	584259.279	5.049	6681586	584257.349	3.737	3.2	0.1	0.537
18	6681588.282	584252.288	5.331	6681589.05	584250.358	4.019	3.2	0.1	0.819
19	6681592.936	584241.58	5.508	6681593.704	584239.65	4.196	3.2	0.1	0.996
20	6681596.619	584233.243	5.8	6681597.387	584231.313	4.488	3.2	0.1	1.288
21	6681598.663	584228.719	5.973	6681599.431	584226.789	4.661	3.2	0.1	1.461
22	6681600.367	584225.112	6.39	6681601.135	584223.182	5.078	3.2	0.1	1.878
23	6681602.505	584220.312	6.627	6681603.273	584218.382	5.315	3.2	0.1	2.115
24	6681603.555	584218.132	6.48	6681604.323	584216.202	5.168	3.2	0.1	1.968
25	6681604.297	584216.412	7.906	6681605.065	584214.482	6.594	3.2	0.1	3.394
26	6681604.422	584216.213	7.39	6681605.19	584214.283	6.078	3.2	0.1	2.878
27	6681679.299	584245.745	7.436	6681680.067	584243.815	6.124	3.2	0.1	2.924
28	6681679.287	584246.032	7.976	6681680.055	584244.102	6.664	3.2	0.1	3.464
29	6681678.439	584248.542	6.219	6681679.207	584246.612	4.907	3.2	0.1	1.707
30	6681677.017	584251.896	5.947	6681677.785	584249.966	4.635	3.2	0.1	1.435
31	6681673.586	584259.637	5.766	6681674.354	584257.707	4.454	3.2	0.1	1.254
32	6681671.111	584266.844	5.54	6681671.879	584264.914	4.228	3.2	0.1	1.028
33	6681667.342	584274.809	5.405	6681668.11	584272.879	4.093	3.2	0.1	0.893
34	6681665.02	584280.323	5.417	6681665.788	584278.393	4.105	3.2	0.1	0.905
35	6681662.787	584285.662	5.423	6681663.555	584283.732	4.111	3.2	0.1	0.911

36	6681660.96	584289.724	5.063	6681661.728	584287.794	3.751	3.2	0.1	0.551
37	6681659.028	584293.297	4.725	6681659.796	584291.367	3.413	3.2	0.1	0.213
38	6681657.183	584297.878	4.45	6681657.951	584295.948	3.138	3.2	0.1	-0.062
39	6681655.221	584301.745	4.258	6681655.989	584299.815	2.946	3.2	0.1	-0.254
40	6681732.648	584335.168	4.117	6681733.416	584333.238	2.805	3.2	0.1	-0.395
41	6681734.711	584330.095	4.34	6681735.479	584328.165	3.028	3.2	0.1	-0.172
42	6681736.344	584326.164	4.512	6681737.112	584324.234	3.2	3.2	0.1	0
43	6681738.316	584321.97	4.703	6681739.084	584320.04	3.391	3.2	0.1	0.191
44	6681739.721	584317.005	4.913	6681740.489	584315.075	3.601	3.2	0.1	0.401
45	6681741.606	584313.253	5.08	6681742.374	584311.323	3.768	3.2	0.1	0.568
46	6681745.016	584306.358	5.372	6681745.784	584304.428	4.06	3.2	0.1	0.86
47	6681747.07	584301.777	5.49	6681747.838	584299.847	4.178	3.2	0.1	0.978
48	6681749.21	584296.222	5.683	6681749.978	584294.292	4.371	3.2	0.1	1.171
49	6681752.682	584288.083	5.949	6681753.45	584286.153	4.637	3.2	0.1	1.437
50	6681754.926	584283.203	6.189	6681755.694	584281.273	4.877	3.2	0.1	1.677
51	6681756.247	584280.394	6.481	6681757.015	584278.464	5.169	3.2	0.1	1.969
52	6681757.17	584278.336	6.855	6681757.938	584276.406	5.543	3.2	0.1	2.343
53	6681757.621	584276.888	7.978	6681758.389	584274.958	6.666	3.2	0.1	3.466
54	6681757.782	584276.656	7.539	6681758.55	584274.726	6.227	3.2	0.1	3.027
55	6681834.372	584307.404	7.309	6681835.14	584305.474	5.997	3.2	0.1	2.797
56	6681834.227	584307.739	8.014	6681834.995	584305.809	6.702	3.2	0.1	3.502
57	6681834.647	584308.395	6.746	6681835.415	584306.465	5.434	3.2	0.1	2.234
58	6681833.278	584311.369	6.263	6681834.046	584309.439	4.951	3.2	0.1	1.751
59	6681831.847	584315.321	5.968	6681832.615	584313.391	4.656	3.2	0.1	1.456
60	6681829.933	584321.892	5.78	6681830.701	584319.962	4.468	3.2	0.1	1.268
61	6681827.809	584327.871	5.562	6681828.577	584325.941	4.25	3.2	0.1	1.05
62	6681824.83	584335.576	5.4	6681825.598	584333.646	4.088	3.2	0.1	0.888
63	6681822.526	584340.553	5.386	6681823.294	584338.623	4.074	3.2	0.1	0.874
64	6681820.561	584345.77	5.376	6681821.329	584343.84	4.064	3.2	0.1	0.864
65	6681818.427	584351.687	5.382	6681819.195	584349.757	4.07	3.2	0.1	0.87
66	6681817.056	584354.537	5.114	6681817.824	584352.607	3.802	3.2	0.1	0.602
67	6681816.429	584355.778	4.98	6681817.197	584353.848	3.668	3.2	0.1	0.468
68	6681814.043	584359.832	4.605	6681814.811	584357.902	3.293	3.2	0.1	0.093
69	6681811.687	584366.255	4.226	6681812.455	584364.325	2.914	3.2	0.1	-0.286
70	6681894.273	584403.991	4.218	6681895.041	584402.061	2.906	3.2	0.1	-0.294
71	6681896.015	584399.279	4.406	6681896.783	584397.349	3.094	3.2	0.1	-0.106
72	6681896.904	584397.057	4.453	6681897.672	584395.127	3.141	3.2	0.1	-0.059
73	6681898.528	584391.898	4.595	6681899.296	584389.968	3.283	3.2	0.1	0.083
74	6681900.217	584388.109	4.77	6681900.985	584386.179	3.458	3.2	0.1	0.258
75	6681901.359	584384.248	4.907	6681902.127	584382.318	3.595	3.2	0.1	0.395
76	6681903.568	584379.19	5.164	6681904.336	584377.26	3.852	3.2	0.1	0.652
77	6681905.448	584374.975	5.31	6681906.216	584373.045	3.998	3.2	0.1	0.798
78	6681907.514	584370.248	5.346	6681908.282	584368.318	4.034	3.2	0.1	0.834
79	6681910.248	584365.419	5.379	6681911.016	584363.489	4.067	3.2	0.1	0.867
80	6681911.054	584362.957	5.422	6681911.822	584361.027	4.11	3.2	0.1	0.91
81	6681914.241	584355.552	5.628	6681915.009	584353.622	4.316	3.2	0.1	1.116
82	6681917.56	584346.734	5.852	6681918.328	584344.804	4.54	3.2	0.1	1.34
83	6681920.017	584341.529	6.01	6681920.785	584339.599	4.698	3.2	0.1	1.498
84	6681920.546	584340.369	5.914	6681921.314	584338.439	4.602	3.2	0.1	1.402
85	6681921.374	584338.622	6.164	6681922.142	584336.692	4.852	3.2	0.1	1.652

86	6681923.298	584335.435	6.889	6681924.066	584333.505	5.577	3.2	0.1	2.377
87	6681924.193	584333.286	7.452	6681924.961	584331.356	6.14	3.2	0.1	2.94
88	6681925.653	584330.53	8.634	6681926.421	584328.6	7.322	3.2	0.1	4.122
89	6681454.442	584156.517	7.555	6681455.21	584154.587	6.243	3.2	0.1	3.043
90	6681454.378	584156.788	7.983	6681455.146	584154.858	6.671	3.2	0.1	3.471
91	6681453.886	584158.083	6.665	6681454.654	584156.153	5.353	3.2	0.1	2.153
92	6681452.686	584160.452	6.291	6681453.454	584158.522	4.979	3.2	0.1	1.779
93	6681451.045	584163.355	5.944	6681451.813	584161.425	4.632	3.2	0.1	1.432
94	6681448.702	584168.937	5.796	6681449.47	584167.007	4.484	3.2	0.1	1.284
95	6681446.158	584174.852	5.637	6681446.926	584172.922	4.325	3.2	0.1	1.125
96	6681443.793	584181.41	5.471	6681444.561	584179.48	4.159	3.2	0.1	0.959
97	6681442.469	584187.098	5.414	6681443.237	584185.168	4.102	3.2	0.1	0.902
98	6681439.73	584194.879	5.347	6681440.498	584192.949	4.035	3.2	0.1	0.835
99	6681438.115	584200.162	5.17	6681438.883	584198.232	3.858	3.2	0.1	0.658
100	6681435.245	584205.361	4.973	6681436.013	584203.431	3.661	3.2	0.1	0.461
101	6681432.623	584210.951	4.776	6681433.391	584209.021	3.464	3.2	0.1	0.264
102	6681430.573	584215.933	4.585	6681431.341	584214.003	3.273	3.2	0.1	0.073
103	6681429.175	584222.294	4.42	6681429.943	584220.364	3.108	3.2	0.1	-0.092
104	6681425.111	584229.912	4.203	6681425.879	584227.982	2.891	3.2	0.1	-0.309
105	6681256.565	584148.154	4.199	6681257.333	584146.224	2.887	3.2	0.1	-0.313
106	6681258.098	584144.573	4.32	6681258.866	584142.643	3.008	3.2	0.1	-0.192
107	6681259.459	584141.771	4.418	6681260.227	584139.841	3.106	3.2	0.1	-0.094
108	6681259.002	584143.859	4.34	6681259.77	584141.929	3.028	3.2	0.1	-0.172
109	6681258.998	584143.842	4.337	6681259.766	584141.912	3.025	3.2	0.1	-0.175
110	6681258.995	584143.857	4.353	6681259.763	584141.927	3.041	3.2	0.1	-0.159
111	6681258.968	584143.865	4.339	6681259.736	584141.935	3.027	3.2	0.1	-0.173
112	6681259.008	584143.858	4.353	6681259.776	584141.928	3.041	3.2	0.1	-0.159
113	6681259.018	584143.868	4.35	6681259.786	584141.938	3.038	3.2	0.1	-0.162
114	6681259.017	584143.856	4.344	6681259.785	584141.926	3.032	3.2	0.1	-0.168
115	6681259.023	584143.866	4.354	6681259.791	584141.936	3.042	3.2	0.1	-0.158
116	6681258.989	584143.865	4.329	6681259.757	584141.935	3.017	3.2	0.1	-0.183
117	6681259.009	584143.855	4.322	6681259.777	584141.925	3.01	3.2	0.1	-0.19
118	6681259.009	584143.861	4.32	6681259.777	584141.931	3.008	3.2	0.1	-0.192
119	6681259.002	584143.86	4.33	6681259.77	584141.93	3.018	3.2	0.1	-0.182
120	6681259.005	584143.86	4.324	6681259.773	584141.93	3.012	3.2	0.1	-0.188
121	6681259.009	584143.847	4.319	6681259.777	584141.917	3.007	3.2	0.1	-0.193
122	6681258.994	584143.864	4.326	6681259.762	584141.934	3.014	3.2	0.1	-0.186
123	6681259.003	584143.862	4.335	6681259.771	584141.932	3.023	3.2	0.1	-0.177
124	6681258.996	584143.882	4.33	6681259.764	584141.952	3.018	3.2	0.1	-0.182
125	6681259	584143.871	4.319	6681259.768	584141.941	3.007	3.2	0.1	-0.193
126	6681259.008	584143.865	4.3	6681259.776	584141.935	2.988	3.2	0.1	-0.212
127	6681259.007	584143.845	4.3	6681259.775	584141.915	2.988	3.2	0.1	-0.212
128	6681263.076	584136.23	4.687	6681263.844	584134.3	3.375	3.2	0.1	0.175
129	6681264.553	584132.73	4.914	6681265.321	584130.8	3.602	3.2	0.1	0.402
130	6681267.789	584126.988	5.331	6681268.557	584125.058	4.019	3.2	0.1	0.819
131	6681269.734	584123.653	5.517	6681270.502	584121.723	4.205	3.2	0.1	1.005
132	6681271.391	584120.427	5.554	6681272.159	584118.497	4.242	3.2	0.1	1.042
133	6681273.782	584114.151	5.772	6681274.55	584112.221	4.46	3.2	0.1	1.26
134	6681275.896	584109.558	5.866	6681276.664	584107.628	4.554	3.2	0.1	1.354
135	6681279.984	584100.88	6.01	6681280.752	584098.95	4.698	3.2	0.1	1.498

136	6681283.028	584094.914	6.158	6681283.796	584092.984	4.846	3.2	0.1	1.646
137	6681284.958	584092.284	6.895	6681285.726	584090.354	5.583	3.2	0.1	2.383
138	6681285.705	584090.367	7.108	6681286.473	584088.437	5.796	3.2	0.1	2.596
139	6681285.507	584090.19	7.971	6681286.275	584088.26	6.659	3.2	0.1	3.459
140	6681285.707	584089.753	7.576	6681286.475	584087.823	6.264	3.2	0.1	3.064

## APÊNDICE C – Cálculo do Processamento de Dados e Conversão de Altitudes de Imbé 2022

CÁLCULOS PROCESSAMENTO IMBÉ 2022									
	N (m)	E (m)	H (m)						
IMBE1	6684090.625	585226.99	5.816						
Δ=B-P	0.034	0.105	3.095						
	COORDENADAS BRUTAS			COORDENADAS PROCESSADAS (P+Δ)			CONVERSÃO DE ALTITUDES		
							FATOR		
							CONVERS	INCERTEZ	H(GEOIDE)
“ID”	N (m)	E (m)	H (m)	N (m)	E (m)	h (ELIP) (m)	ÃO (m)	A (m)	(m)
PIMBE	6684090.591	585226.885	2.721	6684090.625	585226.99	5.816	3.17	0.1	2.646
PI01	6684089.121	585228.947	3.271	6684089.155	585229.052	6.366	3.17	0.1	3.196
PI02	6684089.526	585228.712	2.707	6684089.56	585228.817	5.802	3.17	0.1	2.632
PI03	6684088.755	585229.91	2.557	6684088.789	585230.015	5.652	3.17	0.1	2.482
PI04	6684087.653	585232.836	2.129	6684087.687	585232.941	5.224	3.17	0.1	2.054
PI05	6684084.311	585239.804	1.79	6684084.345	585239.909	4.885	3.17	0.1	1.715
PI06	6684078.429	585249.679	1.449	6684078.463	585249.784	4.544	3.17	0.1	1.374
PI07	6684071.006	585261.503	1.249	6684071.04	585261.608	4.344	3.17	0.1	1.174
PI08	6684068.808	585275.253	0.924	6684068.842	585275.358	4.019	3.17	0.1	0.849
PI09	6684066.327	585285.821	0.643	6684066.361	585285.926	3.738	3.17	0.1	0.568
PI010	6684066.053	585284.752	0.679	6684066.087	585284.857	3.774	3.17	0.1	0.604
PI011	6684265.905	585292.125	2.799	6684265.939	585292.23	5.894	3.17	0.1	2.724
PI012	6684265.952	585292.562	3.282	6684265.986	585292.667	6.377	3.17	0.1	3.207
PI013	6684265.866	585293.326	1.908	6684265.9	585293.431	5.003	3.17	0.1	1.833
PI014	6684264.115	585296.985	1.618	6684264.149	585297.09	4.713	3.17	0.1	1.543
PI015	6684261.654	585302.171	1.419	6684261.688	585302.276	4.514	3.17	0.1	1.344
PI016	6684258.835	585309.161	0.921	6684258.869	585309.266	4.016	3.17	0.1	0.846
PI017	6684255.786	585317.169	0.476	6684255.82	585317.274	3.571	3.17	0.1	0.401
PI018	6684504.258	585359.528	2.78	6684504.292	585359.633	5.875	3.16	0.1	2.715
PI019	6684504.236	585359.791	3.226	6684504.27	585359.896	6.321	3.16	0.1	3.161
PI020	6684504.23	585359.986	2.417	6684504.264	585360.091	5.512	3.16	0.1	2.352
PI021	6684503.128	585365.127	1.887	6684503.162	585365.232	4.982	3.16	0.1	1.822
PI022	6684499.589	585374.129	1.517	6684499.623	585374.234	4.612	3.16	0.1	1.452
PI023	6684492.787	585386.78	0.751	6684492.821	585386.885	3.846	3.16	0.1	0.686
PI024	6684489.735	585398.131	0.342	6684489.769	585398.236	3.437	3.16	0.1	0.277
PI025	6684591.012	585377.821	2.804	6684591.046	585377.926	5.899	3.16	0.1	2.739
PI026	6684590.208	585390.639	3.481	6684590.242	585390.744	6.576	3.16	0.1	3.416
PI027	6684587.698	585394.205	2.337	6684587.732	585394.31	5.432	3.16	0.1	2.272
PI028	6684586.571	585403.53	1.78	6684586.605	585403.635	4.875	3.16	0.1	1.715
PI029	6684584.602	585409.854	1.584	6684584.636	585409.959	4.679	3.16	0.1	1.519
PI030	6684581.456	585419.27	1.017	6684581.49	585419.375	4.112	3.16	0.1	0.952
PI031	6684575.999	585430.902	0.439	6684576.033	585431.007	3.534	3.16	0.1	0.374
PI032	6684571.883	585436.808	0.242	6684571.917	585436.913	3.337	3.16	0.1	0.177
PI033	6684637.221	585418.062	2.027	6684637.255	585418.167	5.122	3.16	0.1	1.962
PI034	6684634.735	585425.727	1.606	6684634.769	585425.832	4.701	3.16	0.1	1.541
PI035	6684630.93	585435.756	1.23	6684630.964	585435.861	4.325	3.16	0.1	1.165

PI036	6684625.789	585444.303	0.71	6684625.823	585444.408	3.805	3.16	0.1	0.645
PI037	6684622.426	585452.139	0.352	6684622.46	585452.244	3.447	3.16	0.1	0.287
PI038	6683953.77	585175.506	2.889	6683953.804	585175.611	5.984	3.17	0.1	2.814
PI039	6683953.694	585176.082	3.323	6683953.728	585176.187	6.418	3.17	0.1	3.248
PI040	6683953.449	585177.054	2.597	6683953.483	585177.159	5.692	3.17	0.1	2.522
PI041	6683952.491	585179.114	2.156	6683952.525	585179.219	5.251	3.17	0.1	2.081
PI042	6683946.204	585190.189	1.734	6683946.238	585190.294	4.829	3.17	0.1	1.659
PI043	6683939.091	585202.776	1.451	6683939.125	585202.881	4.546	3.17	0.1	1.376
PI044	6683932.333	585214.871	1.275	6683932.367	585214.976	4.37	3.17	0.1	1.2
PI045	6683922.881	585242.942	0.201	6683922.915	585243.047	3.296	3.17	0.1	0.126
PI046	6683800.065	585094.582	2.643	6683800.099	585094.687	5.738	3.17	0.1	2.568
PI047	6683799.927	585095.15	3.092	6683799.961	585095.255	6.187	3.17	0.1	3.017
PI048	6683799.437	585095.772	2.132	6683799.471	585095.877	5.227	3.17	0.1	2.057
PI049	6683792.517	585105.173	1.54	6683792.551	585105.278	4.635	3.17	0.1	1.465
PI050	6683788.331	585111.921	1.317	6683788.365	585112.026	4.412	3.17	0.1	1.242
PI051	6683782.655	585120.038	0.761	6683782.689	585120.143	3.856	3.17	0.1	0.686
PI052	6683777.335	585126.263	0.36	6683777.369	585126.368	3.455	3.17	0.1	0.285
PI053	6683689.997	585002.221	2.61	6683690.031	585002.326	5.705	3.17	0.1	2.535
PI054	6683689.426	585002.739	3.059	6683689.46	585002.844	6.154	3.17	0.1	2.984
PI055	6683689.136	585003.184	2.522	6683689.17	585003.289	5.617	3.17	0.1	2.447
PI056	6683682.935	585010.484	1.772	6683682.969	585010.589	4.867	3.17	0.1	1.697
PI057	6683676.57	585019.317	1.261	6683676.604	585019.422	4.356	3.17	0.1	1.186
PI058	6683670.861	585026.667	0.832	6683670.895	585026.772	3.927	3.17	0.1	0.757
PI059	6683660.593	585039.374	0.239	6683660.627	585039.479	3.334	3.17	0.1	0.164
PI060	6683691.958	585004.864	3.042	6683691.992	585004.969	6.137	3.17	0.1	2.967
PI061	6683716.571	585026.343	3.053	6683716.605	585026.448	6.148	3.17	0.1	2.978
PI062	6683743.651	585049.97	3.063	6683743.685	585050.075	6.158	3.17	0.1	2.988
PI063	6683770.772	585073.663	3.065	6683770.806	585073.768	6.16	3.17	0.1	2.99
PI064	6683770.811	585073.703	3.078	6683770.845	585073.808	6.173	3.17	0.1	3.003
PI065	6683799.752	585095.207	3.071	6683799.786	585095.312	6.166	3.17	0.1	2.996
PI066	6683828.625	585116.842	3.087	6683828.659	585116.947	6.182	3.17	0.1	3.012
PI067	6683850.09	585132.695	3.125	6683850.124	585132.8	6.22	3.17	0.1	3.05
PI068	6683893.864	585151.493	3.289	6683893.898	585151.598	6.384	3.17	0.1	3.214
PI069	6683953.728	585176.353	3.319	6683953.762	585176.458	6.414	3.17	0.1	3.244
PI070	6683986.699	585189.734	3.313	6683986.733	585189.839	6.408	3.17	0.1	3.238
PI071	6684018.201	585202.966	3.253	6684018.235	585203.071	6.348	3.17	0.1	3.178
PI072	6684052.795	585216.133	3.286	6684052.829	585216.238	6.381	3.17	0.1	3.211

## APÊNDICE D– Cálculo do Processamento de Dados e Conversão de Altitudes de Tramandaí 2022

CÁLCULOS PROCESSAMENTO TRAMANDAÍ 2022									
	N (m)	E (m)	H (m)						
TRAM3	6681524.169	584177.683	6.155						
Δ=P-B	-3.772	-1.283	4.572						
	COORDENADAS BRUTAS			COORDENADAS PROCESSADAS (P- Δ)			CONVERSÃO DE ALTITUDES		
							FATOR		
							CONVERS	INCERTEZ	H(GEOIDE)
“ID”	N (m)	E (m)	H (m)	N (m)	E (m)	h (ELIP) (m)	ÂO (m)	A (m)	(m)
PRAIA-T	6681520.397	584176.4	10.727	6681524.169	584177.683	6.155	3.2	0.1	2.955
PT01	6681518.025	584181.048	11.21	6681521.797	584182.331	6.638	3.2	0.1	3.438
PT02	6681519.93	584182.186	9.575	6681523.702	584183.469	5.003	3.2	0.1	1.803
PT03	6681518.497	584186.353	9.291	6681522.269	584187.636	4.719	3.2	0.1	1.519
PT04	6681516.045	584193.694	9.046	6681519.817	584194.977	4.474	3.2	0.1	1.274
PT05	6681513.685	584200.308	8.84	6681517.457	584201.591	4.268	3.2	0.1	1.068
PT06	6681511.816	584205.247	8.632	6681515.588	584206.53	4.06	3.2	0.1	0.86
PT07	6681616.394	584220.794	9.545	6681620.166	584222.077	4.973	3.2	0.1	1.773
PT08	6681614.319	584225.739	9.199	6681618.091	584227.022	4.627	3.2	0.1	1.427
PT09	6681609.938	584240.529	8.653	6681613.71	584241.812	4.081	3.2	0.1	0.881
PT010	6681607.151	584248.306	8.346	6681610.923	584249.589	3.774	3.2	0.1	0.574
PT011	6681608.666	584244.803	8.473	6681612.438	584246.086	3.901	3.2	0.1	0.701
PT012	6681726.242	584264.06	9.502	6681730.014	584265.343	4.93	3.2	0.1	1.73
PT013	6681724.569	584268.548	9.163	6681728.341	584269.831	4.591	3.2	0.1	1.391
PT014	6681714.096	584292.051	8.095	6681717.868	584293.334	3.523	3.2	0.1	0.323
PT015	6681832.604	584306.41	9.186	6681836.376	584307.693	4.614	3.2	0.1	1.414
PT016	6681830.122	584312.568	8.975	6681833.894	584313.851	4.403	3.2	0.1	1.203
PT017	6681825.101	584324.319	8.328	6681828.873	584325.602	3.756	3.2	0.1	0.556
PT018	6681930.628	584329.242	12.534	6681934.4	584330.525	7.962	3.2	0.1	4.762
PT019	6681929.899	584332.149	10.419	6681933.671	584333.432	5.847	3.2	0.1	2.647
PT020	6681929.305	584333.361	9.79	6681933.077	584334.644	5.218	3.2	0.1	2.018
PT021	6681927.203	584338.172	9.394	6681930.975	584339.455	4.822	3.2	0.1	1.622
PT022	6681913.466	584365.514	8.138	6681917.238	584366.797	3.566	3.2	0.1	0.366
PT023	6681919.621	584355.449	8.595	6681923.393	584356.732	4.023	3.2	0.1	0.823
PT024	6681418.719	584142.041	9.464	6681422.491	584143.324	4.892	3.2	0.1	1.692
PT025	6681416.25	584146.677	9.299	6681420.022	584147.96	4.727	3.2	0.1	1.527
PT026	6681413.149	584154.554	8.975	6681416.921	584155.837	4.403	3.2	0.1	1.203
PT027	6681401.847	584182.539	8.174	6681405.619	584183.822	3.602	3.2	0.1	0.402
PT028	6681404.872	584173.874	8.464	6681408.644	584175.157	3.892	3.2	0.1	0.692
PT029	6681410.019	584161.974	8.828	6681413.791	584163.257	4.256	3.2	0.1	1.056
PT030	6681326.856	584105.665	9.91	6681330.628	584106.948	5.338	3.2	0.1	2.138
PT031	6681324.91	584112.343	9.399	6681328.682	584113.626	4.827	3.2	0.1	1.627
PT032	6681319.448	584128.831	9.054	6681323.22	584130.114	4.482	3.2	0.1	1.282
PT033	6681316.267	584137.1	8.76	6681320.039	584138.383	4.188	3.2	0.1	0.988
PT034	6681311.794	584149.6	8.291	6681315.566	584150.883	3.719	3.2	0.1	0.519
PT035	6681241.711	584074.996	9.837	6681245.483	584076.279	5.265	3.21	0.1	2.055

PT036	6681239.03	584080.523	9.481	6681242.802	584081.806	4.909	3.21	0.1	1.699
PT037	6681235.533	584088.484	9.23	6681239.305	584089.767	4.658	3.2	0.1	1.458
PT038	6681232.267	584096.834	9.002	6681236.039	584098.117	4.43	3.2	0.1	1.23
PT039	6681228.711	584106.731	8.999	6681232.483	584108.014	4.427	3.2	0.1	1.227
PT040	6681224.873	584116.369	8.662	6681228.645	584117.652	4.09	3.2	0.1	0.89
PT041	6681220.665	584125.835	8.217	6681224.437	584127.118	3.645	3.2	0.1	0.445
PT042	6681249.948	584074.907	11.258	6681253.72	584076.19	6.686	3.21	0.1	3.476
PT043	6681250.388	584073.899	10.856	6681254.16	584075.182	6.284	3.21	0.1	3.074
PT044	6681327.645	584105.529	11.284	6681331.417	584106.812	6.712	3.2	0.1	3.512
PT045	6681327.706	584105.348	10.851	6681331.478	584106.631	6.279	3.2	0.1	3.079
PT046	6681465.377	584160.239	11.257	6681469.149	584161.522	6.685	3.2	0.1	3.485
PT047	6681465.746	584159.319	10.796	6681469.518	584160.602	6.224	3.2	0.1	3.024
PT048	6681616.653	584220.421	11.163	6681620.425	584221.704	6.591	3.2	0.1	3.391
PT049	6681617.083	584219.02	10.672	6681620.855	584220.303	6.1	3.2	0.1	2.9
PT050	6681706.506	584256.021	11.135	6681710.278	584257.304	6.563	3.2	0.1	3.363
PT051	6681707.091	584254.647	10.608	6681710.863	584255.93	6.036	3.2	0.1	2.836
PT052	6681825.976	584303.392	11.189	6681829.748	584304.675	6.617	3.2	0.1	3.417
PT053	6681826.646	584301.952	10.731	6681830.418	584303.235	6.159	3.2	0.1	2.959
PT054	6682228.75	584147.927	10.729	6682232.522	584149.21	6.157	3.2	0.1	2.957
PT055	6682228.745	584147.92	10.731	6682232.517	584149.203	6.159	3.2	0.1	2.959
PT056	6682228.743	584147.921	10.749	6682232.515	584149.204	6.177	3.2	0.1	2.977
PT057	6682228.746	584147.918	10.744	6682232.518	584149.201	6.172	3.2	0.1	2.972

## APÊNDICE E– Dados com as Feições Separadas de Imbé 2021

IMBE 21- PONTOS PRAIA				IMBE21 – PONTOS CALÇADA			
ID	X (m)	Y (m)	H(GEOIDE) (m)	ID	X (m)	Y (m)	H(GEOIDE) (m)
				BASE_IMB			
402	585228.865	6684085.637	1.592	E1	585226.688	6684086.327	2.673
403	585230.759	6684084.615	1.556	400	585227.541	6684086.157	2.640
404	585234.958	6684082.864	1.995	424	585163.138	6683923.911	2.815
405	585253.815	6684076.779	1.285	425	585073.180	6683771.652	2.527
406	585263.435	6684073.543	1.044	443	585002.196	6683689.991	2.558
407	585272.253	6684070.888	0.834	444	585288.927	6684263.924	2.734
408	585280.666	6684067.560	0.838	465	585347.478	6684459.886	2.747
409	585285.779	6684067.929	0.718	466	585368.047	6684535.799	2.772
410	585292.149	6684065.156	0.502				
411	585299.446	6684062.428	0.090				
					IMBE 21- PONTOS MURETA		
							H(GEOIDE)
412	585305.245	6684061.491	-0.154	ID	X (m)	Y (m)	(m)
413	585232.568	6683887.484	-0.221	401	585228.397	6684085.636	3.197
414	585232.790	6683887.235	-0.214	423	585164.025	6683923.254	3.218
415	585227.613	6683890.673	0.021	426	585073.943	6683770.715	3.031
416	585221.342	6683894.052	0.341	442	585002.706	6683689.184	2.979
417	585214.588	6683897.831	0.761	445	585292.103	6684262.939	3.170
418	585204.429	6683903.421	1.015	464	585347.731	6684459.646	3.234
419	585189.982	6683910.005	1.210	467	585368.228	6684535.704	3.196
420	585180.502	6683915.150	1.430				
421	585172.454	6683919.190	1.774				
					IMBE 21- PRIMEIROS PONTOS PRAIA		
							H(GEOIDE)
422	585164.194	6683923.139	1.780	ID	X (m)	Y (m)	(m)
427	585074.200	6683770.574	2.290	402	585228.865	6684085.637	1.592
428	585079.070	6683765.808	1.668	422	585164.194	6683923.139	1.780
429	585085.647	6683759.753	1.161	427	585074.200	6683770.574	2.290
430	585090.771	6683755.063	0.944	441	585003.431	6683688.877	2.259
431	585095.510	6683750.938	0.975	446	585292.460	6684262.849	1.429
432	585098.043	6683748.926	0.696	463	585347.974	6684459.492	2.026
433	585104.115	6683745.511	0.145	468	585369.721	6684537.778	1.760
434	585109.109	6683741.833	-0.190				
435	585035.305	6683665.663	0.408				
436	585030.566	6683669.065	0.798				
437	585027.376	6683671.441	1.060				
438	585019.994	6683676.355	1.298				
439	585011.992	6683682.022	1.735				
440	585007.163	6683685.805	1.838				
441	585003.431	6683688.877	2.259				
446	585292.460	6684262.849	1.429				
447	585294.716	6684262.230	1.291				
448	585301.762	6684259.804	1.559				
449	585308.163	6684257.917	1.375				

450	585313.094	6684256.479	1.060
451	585318.712	6684254.587	0.710
452	585324.826	6684252.320	0.262
453	585332.676	6684249.532	0.022
454	585332.567	6684249.415	-0.113
455	585399.003	6684442.775	0.084
456	585393.301	6684445.168	0.449
457	585382.593	6684448.190	1.086
458	585377.343	6684449.932	1.281
459	585372.517	6684451.468	1.310
460	585366.920	6684453.447	1.650
461	585356.238	6684456.764	1.892
462	585350.445	6684458.772	1.687
463	585347.974	6684459.492	2.026
468	585369.721	6684537.778	1.760
469	585372.838	6684536.642	1.542
470	585377.069	6684535.371	1.695
471	585381.899	6684533.735	1.612
472	585387.762	6684531.785	1.508
473	585393.920	6684529.552	1.248
474	585400.136	6684527.456	1.065
475	585406.467	6684525.033	0.910
476	585412.154	6684522.931	0.636
477	585419.636	6684519.804	0.237
478	585425.175	6684518.214	0.037



## APÊNDICE G– Dados com as Feições Separadas de Tramandaí 2021

TRAM21 – PONTOS PRAIA				TRAM21 - PONTOS CALÇADA			
ID	X (m)	Y (m)	H(GEOIDE) (m)	ID	X (m)	Y (m)	H(GEOIDE) (m)
3	584181.740	6681522.144	1.964	BASE_TRAM	584176.452	6681523.303	2.964
4	584183.047	6681521.448	1.811	1	584181.159	6681522.248	3.007
5	584184.578	6681520.864	2.048	26	584214.283	6681605.190	2.878
6	584189.371	6681519.010	1.811	27	584243.815	6681680.067	2.924
7	584198.481	6681514.831	1.293	54	584274.726	6681758.550	3.027
8	584209.079	6681510.881	0.935	55	584305.474	6681835.140	2.797
9	584216.818	6681507.972	0.770	89	584154.587	6681455.210	3.043
10	584226.650	6681504.415	0.776	140	584087.823	6681286.475	3.064
11	584232.038	6681502.290	0.511				
12	584237.727	6681500.967	0.155	TRAM21 - PONTOS MURETA			
				ID	X (m)	Y (m)	H(GEOIDE) (m)
13	584246.109	6681498.429	-0.309	2	6681521.343	584183.423	3.428
14	584272.747	6681579.727	-0.282	25	6681604.297	584216.412	3.394
15	584265.482	6681582.321	0.029	28	6681679.287	584246.032	3.464
16	584262.215	6681583.664	0.219	53	6681757.621	584276.888	3.466
17	584257.349	6681586.000	0.537	56	6681834.227	584307.739	3.502
18	584250.358	6681589.050	0.819	90	6681454.378	584156.788	3.471
19	584239.650	6681593.704	0.996	139	6681285.507	584090.190	3.459
20	584231.313	6681597.387	1.288				
21	584226.789	6681599.431	1.461	TRAM21- PRIMEIROS PONTOS PRAIA			
22	584223.182	6681601.135	1.878	ID	X (m)	Y (m)	H(GEOIDE) (m)
23	584218.382	6681603.273	2.115	3	6681521.376	584183.670	1.964
24	584216.202	6681604.323	1.968	24	6681603.555	584218.132	1.968
29	584246.612	6681679.207	1.707	29	6681678.439	584248.542	1.707
30	584249.966	6681677.785	1.435	52	6681757.170	584278.336	2.343
31	584257.707	6681674.354	1.254	57	6681834.647	584308.395	2.234
32	584264.914	6681671.879	1.028	91	6681453.886	584158.083	2.153
33	584272.879	6681668.110	0.893	138	6681285.705	584090.367	2.596
34	584278.393	6681665.788	0.905				
35	584283.732	6681663.555	0.911				
36	584287.794	6681661.728	0.551				
37	584291.367	6681659.796	0.213				
38	584295.948	6681657.951	-0.062				
39	584299.815	6681655.989	-0.254				
40	584333.238	6681733.416	-0.395				
41	584328.165	6681735.479	-0.172				
42	584324.234	6681737.112	0.000				
43	584320.040	6681739.084	0.191				
44	584315.075	6681740.489	0.401				
45	584311.323	6681742.374	0.568				
46	584304.428	6681745.784	0.860				
47	584299.847	6681747.838	0.978				

48	584294.292	6681749.978	1.171
49	584286.153	6681753.450	1.437
50	584281.273	6681755.694	1.677
51	584278.464	6681757.015	1.969
52	584276.406	6681757.938	2.343
57	584306.465	6681835.415	2.234
58	584309.439	6681834.046	1.751
59	584313.391	6681832.615	1.456
60	584319.962	6681830.701	1.268
61	584325.941	6681828.577	1.050
62	584333.646	6681825.598	0.888
63	584338.623	6681823.294	0.874
64	584343.840	6681821.329	0.864
65	584349.757	6681819.195	0.870
66	584352.607	6681817.824	0.602
67	584353.848	6681817.197	0.468
68	584357.902	6681814.811	0.093
69	584364.325	6681812.455	-0.286
70	584402.061	6681895.041	-0.294
71	584397.349	6681896.783	-0.106
72	584395.127	6681897.672	-0.059
73	584389.968	6681899.296	0.083
74	584386.179	6681900.985	0.258
75	584382.318	6681902.127	0.395
76	584377.260	6681904.336	0.652
77	584373.045	6681906.216	0.798
78	584368.318	6681908.282	0.834
79	584363.489	6681911.016	0.867
80	584361.027	6681911.822	0.910
81	584353.622	6681915.009	1.116
82	584344.804	6681918.328	1.340
83	584339.599	6681920.785	1.498
84	584338.439	6681921.314	1.402
85	584336.692	6681922.142	1.652
86	584333.505	6681924.066	2.377
87	584331.356	6681924.961	2.940
88	584328.600	6681926.421	4.122
91	584156.153	6681454.654	2.153
92	584158.522	6681453.454	1.779
93	584161.425	6681451.813	1.432
94	584167.007	6681449.470	1.284
95	584172.922	6681446.926	1.125
96	584179.480	6681444.561	0.959
97	584185.168	6681443.237	0.902
98	584192.949	6681440.498	0.835
99	584198.232	6681438.883	0.658
100	584203.431	6681436.013	0.461
101	584209.021	6681433.391	0.264
102	584214.003	6681431.341	0.073
103	584220.364	6681429.943	-0.092

104	584227.982	6681425.879	-0.309
105	584146.224	6681257.333	-0.313
106	584142.643	6681258.866	-0.192
107	584139.841	6681260.227	-0.094
108	584141.929	6681259.770	-0.172
109	584141.912	6681259.766	-0.175
110	584141.927	6681259.763	-0.159
111	584141.935	6681259.736	-0.173
112	584141.928	6681259.776	-0.159
113	584141.938	6681259.786	-0.162
114	584141.926	6681259.785	-0.168
115	584141.936	6681259.791	-0.158
116	584141.935	6681259.757	-0.183
117	584141.925	6681259.777	-0.190
118	584141.931	6681259.777	-0.192
119	584141.930	6681259.770	-0.182
120	584141.930	6681259.773	-0.188
121	584141.917	6681259.777	-0.193
122	584141.934	6681259.762	-0.186
123	584141.932	6681259.771	-0.177
124	584141.952	6681259.764	-0.182
125	584141.941	6681259.768	-0.193
126	584141.935	6681259.776	-0.212
127	584141.915	6681259.775	-0.212
128	584134.300	6681263.844	0.175
129	584130.800	6681265.321	0.402
130	584125.058	6681268.557	0.819
131	584121.723	6681270.502	1.005
132	584118.497	6681272.159	1.042
133	584112.221	6681274.550	1.260
134	584107.628	6681276.664	1.354
135	584098.950	6681280.752	1.498
136	584092.984	6681283.796	1.646
137	584090.354	6681285.726	2.383
138	584088.437	6681286.473	2.596

## APÊNDICE H– Dados com as Feições Separadas de Tramandaí 2022

TRAMANDAÍ 2022 – PONTOS PRAIA				TRAMANDAÍ 2022 - PONTOS CALÇADA			
ID	X (m)	Y (m)	H(GEOIDE) (m)	ID	X (m)	Y (m)	H(GEOIDE) (m)
PT02	584183.469	6681523.702	1.803	PRAIA-T	584177.683	6681524.169	2.955
PT03	584187.636	6681522.269	1.519	PT043	584075.182	6681254.160	3.074
PT04	584194.977	6681519.817	1.274	PT045	584106.631	6681331.478	3.079
PT05	584201.591	6681517.457	1.068	PT047	584160.602	6681469.518	3.024
PT06	584206.530	6681515.588	0.860	PT049	584220.303	6681620.855	2.900
PT07	584222.077	6681620.166	1.773	PT051	584255.930	6681710.863	2.836
PT08	584227.022	6681618.091	1.427	PT053	584303.235	6681830.418	2.959
PT09	584241.812	6681613.710	0.881				
PT010	584249.589	6681610.923	0.574				
				TRAMANDAÍ 2022 - PONTOS MURETA			
				ID	X (m)	Y (m)	H(GEOIDE) (m)
PT011	584246.086	6681612.438	0.701	PT01	584182.331	6681521.797	3.438
PT012	584265.343	6681730.014	1.730	PT042	584076.190	6681253.720	3.476
PT013	584269.831	6681728.341	1.391	PT044	584106.812	6681331.417	3.512
PT014	584293.334	6681717.868	0.323	PT046	584161.522	6681469.149	3.485
PT015	584307.693	6681836.376	1.414	PT048	584221.704	6681620.425	3.391
PT016	584313.851	6681833.894	1.203	PT050	584257.304	6681710.278	3.363
PT017	584325.602	6681828.873	0.556	PT052	584304.675	6681829.748	3.417
PT018	584330.525	6681934.400	4.762				
PT019	584333.432	6681933.671	2.647				
PT020	584334.644	6681933.077	2.018				
				TRAMANDAÍ 2022- PRIMEIROS PONTOS PRAIA			
				ID (m)	X (m)	Y (m)	H(GEOIDE) (m)
PT021	584339.455	6681930.975	1.622	PT02	584183.469	6681523.702	1.803
PT022	584366.797	6681917.238	0.366	PT07	584222.077	6681620.166	1.773
PT023	584356.732	6681923.393	0.823	PT012	584265.343	6681730.014	1.730
PT024	584143.324	6681422.491	1.692	PT015	584307.693	6681836.376	1.414
PT025	584147.960	6681420.022	1.527	PT024	584143.324	6681422.491	1.692
PT026	584155.837	6681416.921	1.203	PT030	584106.948	6681330.628	2.138
PT027	584183.822	6681405.619	0.402	PT035	584076.279	6681245.483	2.055
PT028	584175.157	6681408.644	0.692				
PT029	584163.257	6681413.791	1.056				
PT030	584106.948	6681330.628	2.138				
PT031	584113.626	6681328.682	1.627				
PT032	584130.114	6681323.220	1.282				
PT033	584138.383	6681320.039	0.988				
PT034	584150.883	6681315.566	0.519				
PT035	584076.279	6681245.483	2.055				
PT036	584081.806	6681242.802	1.699				
PT037	584089.767	6681239.305	1.458				
PT038	584098.117	6681236.039	1.230				
PT039	584108.014	6681232.483	1.227				
PT040	584117.652	6681228.645	0.890				
PT041	584127.118	6681224.437	0.445				

## APÊNDICE I– Cálculo da Validação Cruzada de Imbé 2021

IMBE 2021			
Gridding Method:	KRIGAGEM		
Kriging Type:	PONTO		
Component Type:	LINEAR		
ID	Z (m)	Z Estimate (m)	$\Delta Z$ (m)
1	1.592	1.5797	0.0123
2	1.556	1.7219	-0.1659
3	1.995	1.5063	0.4887
4	1.285	1.3659	-0.0809
5	1.044	1.0486	-0.0046
6	0.834	0.9394	-0.1054
7	0.838	0.7555	0.0825
8	0.718	0.6944	0.0236
9	0.502	0.4232	0.0788
10	0.09	0.1277	-0.0377
11	-0.154	0.0180	-0.1720
12	-0.221	-0.2018	-0.0192
13	-0.214	-0.2246	0.0106
14	0.021	0.0329	-0.0119
15	0.341	0.3750	-0.0340
16	0.761	0.6100	0.1510
17	1.015	0.9499	0.0651
18	1.21	1.2617	-0.0517
19	1.43	1.5178	-0.0878
20	1.774	1.6042	0.1698
21	1.78	1.8837	-0.1037
22	2.29	1.7643	0.5257
23	1.668	1.8028	-0.1348
24	1.161	1.2608	-0.0998
25	0.944	1.0633	-0.1193
26	0.975	0.7802	0.1948
27	0.696	0.7111	-0.0151
28	0.145	0.2279	-0.0829
29	-0.19	0.0680	-0.2580
30	0.408	0.7121	-0.3041
31	0.798	0.7956	0.0024

32	1.06	0.9530	0.1070
33	1.298	1.3814	-0.0834
34	1.735	1.6310	0.1040
35	1.838	2.0286	-0.1906
36	2.259	1.9015	0.3575
37	1.429	1.3207	0.1083
38	1.291	1.4605	-0.1695
39	1.559	1.3356	0.2234
40	1.375	1.2771	0.0979
41	1.06	1.0667	-0.0067
42	0.71	0.6805	0.0295
43	0.262	0.3654	-0.1034
44	0.022	-0.1120	0.1340
45	-0.113	0.0249	-0.1379
46	0.084	0.3554	-0.2714
47	0.449	0.4394	0.0096
48	1.086	1.0037	0.0823
49	1.281	1.2028	0.0782
50	1.31	1.4510	-0.1410
51	1.65	1.5123	0.1377
52	1.892	1.6750	0.2170
53	1.687	1.9867	-0.2997
54	2.026	1.7147	0.3113
55	1.76	1.5836	0.1764
56	1.542	1.7332	-0.1912
57	1.695	1.5753	0.1197
58	1.612	1.6118	0.0002
59	1.508	1.4367	0.0713
60	1.248	1.2883	-0.0403
61	1.065	1.0826	-0.0176
62	0.91	0.8394	0.0706
63	0.636	0.6222	0.0138
64	0.237	0.2858	-0.0488
65	0.037	0.1688	-0.1318

VARIÂNCIA( $\Delta Z$ ): 0.0268  
 DESVIO PADRÃO( $\Delta Z$ ): 0.1637

## APÊNDICE J– Cálculo da Validação Cruzada Imbé 2022

### IMBE 2022

Gridding Method: KRIGAGEM  
 Kriging Type: PONTO  
 Component Type: LINEAR

ID	Z (m)	Z Estimate (m)	$\Delta Z$ (m)
1	2.482	2.0979	0.3841
2	2.054	2.2606	-0.2066
3	1.715	1.7785	-0.0635
4	1.374	1.4695	-0.0955
5	1.174	1.1155	0.0585
6	0.849	0.8372	0.0118
7	0.568	0.5892	-0.0212
8	0.604	0.5933	0.0107
9	1.833	1.6089	0.2241
10	1.543	1.6307	-0.0877
11	1.344	1.2426	0.1014
12	0.846	0.9033	-0.0573
13	0.401	0.7426	-0.3416
14	2.715	3.1635	-0.4485
15	3.161	2.5062	0.6548
16	2.352	3.1136	-0.7616
17	1.822	2.0394	-0.2174
18	1.452	1.3655	0.0865
19	0.686	0.8122	-0.1262
20	0.277	0.4865	-0.2095
21	2.272	1.9327	0.3393
22	1.715	1.8359	-0.1209
23	1.519	1.4104	0.1086
24	0.952	1.0130	-0.0610
25	0.374	0.4426	-0.0686
26	0.177	0.2290	-0.0520
27	1.962	1.7214	0.2406
28	1.541	1.6213	-0.0803
29	1.165	1.0745	0.0905
30	0.645	0.6899	-0.0449
31	0.287	0.4781	-0.1911

32	2.522	2.1136	0.4084
33	2.081	2.3915	-0.3105
34	1.659	1.7506	-0.0916
35	1.376	1.4227	-0.0467
36	1.2	0.9701	0.2299
37	0.126	0.7226	-0.5966
38	2.057	1.6695	0.3875
39	1.465	1.5713	-0.1063
40	1.242	1.1186	0.1234
41	0.686	0.7176	-0.0316
42	0.285	0.5666	-0.2816
43	2.447	1.8095	0.6375
44	1.697	1.8571	-0.1601
45	1.186	1.1906	-0.0046
46	0.757	0.8144	-0.0574
47	0.164	0.5856	-0.4216

VARIÂNCIA( $\Delta Z$ ): 0.0745  
DESVIO PADRÃO( $\Delta Z$ ): 0.2730

## APÊNDICE K– Cálculo da Validação Cruzada Tramandaí 2021

### TRAMANDAÍ 2021

Gridding Method:        KRIGAGEM  
 Kriging Type:            PONTO  
 Component Type:        LINEAR

ID	Z (m)	Z Estimate (m)	$\Delta Z$ (m)
1	1.9643	1.8471	0.1172
2	1.8113	2.0044	-0.1931
3	2.0483	1.8118	0.2365
4	1.8113	1.7939	0.0174
5	1.2933	1.4015	-0.1082
6	0.9353	0.9912	-0.0559
7	0.7703	0.8638	-0.0935
8	0.7763	0.6019	0.1744
9	0.5113	0.4654	0.0459
10	0.1553	0.1820	-0.0267
11	-0.3087	-0.0479	-0.2608
12	-0.2817	-0.1494	-0.1323
13	0.0293	0.0611	-0.0318
14	0.2193	0.2300	-0.0107
15	0.5373	0.4667	0.0706
16	0.8193	0.7179	0.1014
17	0.9963	1.0828	-0.0865
18	1.2883	1.2978	-0.0095
19	1.4613	1.6158	-0.1545
20	1.8783	1.7437	0.1346
21	2.1153	1.9403	0.1750
22	1.9683	2.1617	-0.1934
23	1.7073	1.5448	0.1625
24	1.4353	1.5725	-0.1372
25	1.2543	1.2235	0.0308
26	1.0283	1.0880	-0.0597
27	0.8933	0.9554	-0.0621
28	0.9053	0.9020	0.0033
29	0.9113	0.7046	0.2067
30	0.5513	0.5451	0.0062
31	0.2133	0.2744	-0.0611

32	-0.062	-0.0368	-0.0252
33	-0.254	-0.1657	-0.0883
34	-0.395	-0.2942	-0.1008
35	-0.172	-0.1736	0.0016
36	0.0003	0.0013	-0.0010
37	0.1913	0.1898	0.0015
38	0.4013	0.3981	0.0032
39	0.5683	0.5625	0.0058
40	0.8603	0.8154	0.0449
41	0.9783	1.0022	-0.0239
42	1.1713	1.1623	0.0090
43	1.4373	1.4859	-0.0486
44	1.6773	1.7744	-0.0971
45	1.9693	2.0630	-0.0937
46	2.3433	2.0238	0.3195
47	2.2343	1.8656	0.3687
48	1.7513	1.8938	-0.1425
49	1.4563	1.5673	-0.1110
50	1.2683	1.2461	0.0222
51	1.0503	1.1016	-0.0513
52	0.8883	0.9425	-0.0542
53	0.8743	0.8743	0.0000
54	0.8643	0.8697	-0.0054
55	0.8703	0.6884	0.1819
56	0.6023	0.5907	0.0116
57	0.4683	0.4853	-0.0170
58	0.0933	0.1590	-0.0657
59	-0.286	-0.0760	-0.2100
60	-0.294	-0.1777	-0.1163
61	-0.106	-0.1352	0.0292
62	-0.0587	-0.0474	-0.0113
63	0.0833	0.1188	-0.0355
64	0.2583	0.2430	0.0153
65	0.3953	0.4225	-0.0272
66	0.6523	0.6144	0.0379
67	0.7983	0.7381	0.0602
68	0.8343	0.8306	0.0037
69	0.8673	0.8873	-0.0200
70	0.9103	0.9271	-0.0168

71	1.1163	1.1096	0.0067
72	1.3403	1.3528	-0.0125
73	1.4983	1.3912	0.1071
74	1.4023	1.5595	-0.1572
75	1.6523	1.7363	-0.0840
76	2.3773	2.4458	-0.0685
77	2.9403	3.1223	-0.1820
78	4.1223	2.9799	1.1424
79	2.1533	1.8340	0.3193
80	1.7793	1.8337	-0.0544
81	1.4323	1.6045	-0.1722
82	1.2843	1.2845	-0.0002
83	1.1253	1.1288	-0.0035
84	0.9593	1.0037	-0.0444
85	0.9023	0.9093	-0.0070
86	0.8353	0.7560	0.0793
87	0.6583	0.6541	0.0042
88	0.4613	0.4652	-0.0039
89	0.2643	0.2537	0.0106
90	0.0733	0.1020	-0.0287
91	-0.092	-0.0937	0.0017
92	-0.309	-0.2552	-0.0538
93	-0.313	-0.2310	-0.0820
94	-0.192	-0.1993	0.0073
95	-0.094	-0.0895	-0.0045
96	-0.172	-0.1804	0.0084
97	-0.175	-0.1942	0.0192
98	-0.159	-0.1784	0.0194
99	-0.173	-0.1762	0.0032
100	-0.159	-0.1889	0.0299
101	-0.162	-0.1751	0.0131
102	-0.168	-0.1802	0.0122
103	-0.158	-0.1613	0.0033
104	-0.183	-0.1803	-0.0027
105	-0.19	-0.1667	-0.0233
106	-0.192	-0.1818	-0.0102
107	-0.182	-0.1738	-0.0082
108	-0.188	-0.1760	-0.0120
109	-0.193	-0.2044	0.0114
110	-0.186	-0.1781	-0.0079

111	-0.177	-0.1915	0.0145
112	-0.182	-0.1878	0.0058
113	-0.193	-0.1908	-0.0022
114	-0.212	-0.1867	-0.0253
115	-0.212	-0.1883	-0.0237
116	0.175	0.2213	-0.0463
117	0.403	0.4102	-0.0072
118	0.819	0.7824	0.0366
119	1.005	0.9337	0.0713
120	1.042	1.0948	-0.0528
121	1.26	1.2195	0.0405
122	1.354	1.3422	0.0118
123	1.498	1.5265	-0.0285
124	1.646	2.0958	-0.4498
125	2.383	2.2289	0.1541
126	2.596	2.3984	0.1976

VARIÂNCIA( $\Delta Z$ ): 0.0217  
DESVIO PADRÃO( $\Delta Z$ ): 0.1472

## APÊNDICE L– Cálculo da Validação Cruzada Tramandaí 2022

TRAMANDAÍ 2022			
Gridding Method:		KRIGAGEM	
Kriging Type:		PONTO	
Component Type:		LINEAR	
ID	Z (m)	Z Estimate (m)	$\Delta Z$ (m)
1	1.803	1.5941	0.2089
2	1.519	1.6111	-0.0921
3	1.274	1.2823	-0.0083
4	1.068	1.0373	0.0307
5	0.86	0.9694	-0.1094
6	1.773	1.5260	0.2470
7	1.427	1.5429	-0.1159
8	0.881	0.8633	0.0177
9	0.574	0.6356	-0.0616
10	0.701	0.7152	-0.0142
11	1.73	1.4855	0.2445
12	1.391	1.5064	-0.1154
13	0.323	0.8604	-0.5374
14	1.414	1.4395	-0.0255
15	1.203	1.1206	0.0824
16	0.556	0.9084	-0.3524
17	4.762	2.6614	2.1006
18	2.647	2.8689	-0.2219
19	2.018	2.4419	-0.4239
20	1.622	1.7574	-0.1354
21	0.366	0.6417	-0.2757
22	0.823	0.8436	-0.0206
23	1.692	1.6245	0.0675
24	1.527	1.5067	0.0203
25	1.203	1.2865	-0.0835
26	0.402	0.5545	-0.1525
27	0.692	0.6726	0.0194
28	1.056	1.0076	0.0484
29	2.138	1.7372	0.4008
30	1.627	1.8937	-0.2667
31	1.282	1.2026	0.0794

32	0.988	0.9746	0.0134
33	0.519	0.7567	-0.2377
34	2.055	1.7793	0.2757
35	1.699	1.8083	-0.1093
36	1.458	1.4683	-0.0103
37	1.23	1.3515	-0.1215
38	1.227	1.0578	0.1692
39	0.89	0.8334	0.0566
40	0.445	0.7635	-0.3185

VARIÂNCIA( $\Delta Z$ ): 0.1485  
DESVIO PADRÃO( $\Delta Z$ ): 0.3854

**APÊNDICE M – Coordenadas dos pontos de Linha de Preamar Média e Linha de Cota Zero obtidas com a declividade dos perfis.**

COORDENADAS LPM IMBÉ 2021

ID	X (m)	Y (m)	Z (m)
P1LPM	585418.267112782	6684520.37610777	0.31
P2LPM	585395.472446575	6684444.25669315	0.31
P3LPM	585324.170928572	6684252.56289286	0.31
P4LPM	585295.549543689	6684063.88469903	0.31
P5LPM	585221.949503125	6683893.72465937	0.31
P6LPM	585102.296705989	6683746.53364065	0.31
P7LPM	585036.495825641	6683664.80813846	0.31

COORDENADAS COTA ZERO IMBÉ 2021

ID	X (m)	Y (m)	Z (m)
P1CZ	585426.199715	6684517.91985	0
P2CZ	585400.315241096	6684442.22428219	0
P3CZ	585332.658237037	6684249.51293333	0
P4CZ	585301.58497541	6684062.08238525	0
P5CZ	585228.042979339	6683890.3962686	0
P6CZ	585106.27658209	6683743.91902985	0
P7CZ	585040.262723077	6683662.10398461	0

COORDENADAS LPM IMBÉ 22

ID	X (m)	Y (m)	Z (m)
P1LPM	585451.740569832	6684622.67605866	0.31
P2LPM	585432.925700508	6684574.69582233	0.31
P3LPM	585397.320149144	6684490.01524939	0.31
P4LPM	585318.911591011	6684255.19649663	0.31
P5LPM	585293.587166667	6684068.32466666	0.31
P6LPM	585238.237815643	6683924.53433706	0.31
P7LPM	585125.979907731	6683777.70067082	0.31
P8LPM	585036.350463744	6683663.15504047	0.31

COORDENADAS COTA ZERO IMBÉ 22

ID	X	Y	Z
P1CZ	585458.525932961	6684619.76396369	0
P2CZ	585442.219406091	6684568.21886802	0

P3CZ	585405.923596577	6684487.70199756	0
P4CZ	585324.490197753	6684253.07247416	0
P5CZ	585302.792444445	6684070.6841111	0
P6CZ	585246.34024581	6683921.80610615	0
P7CZ	585130.79225187	6683773.58795262	0
P8CZ	585042.993246206	6683657.78728331	0

## COORDENADAS LPM TRAMANDAÍ 2021

ID	X (m)	Y (m)	Z (m)
P1LPM	584384.721791421	6681901.41575725	0.31
P2LPM	584354.229361083	6681816.15788309	0.31
P3LPM	584317.233418584	6681739.87795765	0.31
P4LPM	584290.344609455	6681660.34853304	0.31
P5LPM	584260.826944595	6681584.33007234	0.31
P6LPM	584235.254667581	6681501.54170852	0.31
P7LPM	584207.72405923	6681433.99904889	0.31
P8LPM	584132.22295348	6681264.72023822	0.31

## COORDENADAS COTA ZERO TRAMANDAÍ 2021

ID	X	Y	Z
P1CZ	584392.994196854	6681898.34312771	0
P2CZ	584359.483002244	6681814.23081185	0
P3CZ	584324.321678344	6681737.18397306	0
P4CZ	584294.920015909	6681658.36474904	0
P5CZ	584266.166277496	6681582.07641164	0
P6CZ	584240.532266675	6681500.11733391	0
P7CZ	584216.828651788	6681430.71974722	0
P8CZ	584137.910745058	6681261.48669739	0

## COORDENADAS LPM TRAMANDAÍ 2022

ID	X (m)	Y (m)	Z (m)
P1LPM	584368.030347921	6681916.4837768	0.31
P2LPM	584330.06992272	6681826.96393354	0.31
P3LPM	584293.620085206	6681717.74051966	0.31
P4LPM	584256.276713355	6681608.52636156	0.31
P5LPM	584219.589855769	6681510.64593269	0.31
P6LPM	584186.570896552	6681404.65934483	0.31
P7LPM	584156.453362473	6681313.57270149	0.31
P8LPM	584129.989707865	6681223.16041573	0.31

## COORDENADAS COTA ZERO TRAMANDAÍ 2022

ID	X (m)	Y (m)	Z (m)
P1CZ	584374.857809628	6681912.30861269	0
P2CZ	584335.700231839	6681824.55819938	0
P3CZ	584300.442117041	6681714.70060393	0
P4CZ	584264.129710098	6681605.71212704	0
P5CZ	584226.950865385	6681507.86040385	0
P6CZ	584195.833482759	6681401.42572414	0
P7CZ	584164.715622601	6681310.61613433	0
P8CZ	584136.584	6681220.229	0