



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR - LABOMAR
Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Marinhas Tropicais



TATIANA OLIVEIRA FALCÃO QUINTELA

**PROCEDIMENTOS DE INVESTIGAÇÕES E AVALIAÇÕES
METODOLÓGICAS NO ESTUDO MORFOLÓGICO DE
FEIÇÕES COSTEIRAS**

**FORTALEZA – CE
JULHO/2014**



TATIANA OLIVEIRA FALCÃO QUINTELA

**PROCEDIMENTOS DE INVESTIGAÇÕES E AVALIAÇÕES METODOLÓGICAS
NO ESTUDO MORFOLÓGICO DE FEIÇÕES COSTEIRAS**

Tese submetida ao Curso de Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciências Marinhas Tropicais. Área de concentração: Utilização e manejo de ecossistemas marinhos e estuarinos.

Orientador: Prof. Dr. Luis Parente Maia.

FORTALEZA - CE

JULHO/2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- F163p Falcão-Quintela, Tatiana Oliveira Falcão Quintela.
Procedimentos de investigações e avaliações metodológicas no estudo morfológico de feições costeiras /
Tatiana Oliveira Falcão Quintela Falcão-Quintela. – 2014.
221 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Programa de Pós-
Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2014.
Orientação: Prof. Dr. Luis Parente Maia.
1. Feições morfológicas. 2. Topografia. 3. Geodésia. I. Título.

CDD 551.46

TATIANA OLIVEIRA FALCÃO QUINTELA

“PROCEDIMENTOS DE INVESTIGAÇÕES E AVALIAÇÕES METODOLÓGICAS NO ESTUDO MORFOLÓGICO DE FEIÇÕES COSTEIRAS”

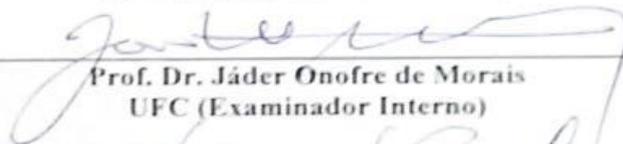
Tese submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, do Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR – Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de DOUTOR em Ciências Marinhas Tropicais, área de concentração em Utilização e Manejo de Ecossistemas Marinhos e Estuarinos.

Aprovada em, 28 de julho de 2014.

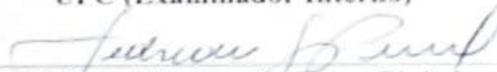
BANCA EXAMINADORA



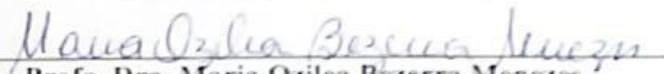
Prof. Dr. Luis Parente Maia
UFC (Orientador – Presidente)



Prof. Dr. Jáder Onofre de Moraes
UFC (Examinador Interno)



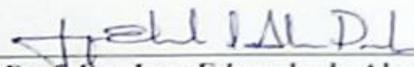
Profa. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro
UFC (Examinadora Interna)



Profa. Dra. Maria Ozilea Bezerra Menezes
UFC (Examinadora Interna)



Prof. Dr. Sebastian Gonzalez Chiozza
UFC (Examinador Externo ao Programa)



Prof. Dr. Joge Eduardo de Abreu Paula
UESPI (Examinador Externo à Instituição)

*“Aceleramos o passo sempre que buscamos
algo importante para nossa existência.
Quem ama não se cansa facilmente nem se deixa
vencer pelo desânimo. Ao contrário, enfrenta qualquer
obstáculo para conseguir seu objetivo”.*

NILO LUZA

Dedico essa tese a Deus pela minha existência, saúde e perseverança. Aos meus pais (Falcão e Fatima) pelo carinho e apoio no decorrer da minha vida, minha razão de existir! Aos meus irmãos (Luiz Fabiano e Thiago) pelos momentos de alegria, apoio e amizade. As minhas cunhadas (Joelma e Lilian) pelos momentos de distrações. Ao meu sobrinho (Gustavo), mais um membro na nossa família. Ao meu esposo (Davi) pelo companheirismo e amizade. E também, a grande benção que recebi de DEUS, a minha maravilhosa filha (Ana Letícia), minha razão de viver!

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Luis Parente Maia pela grande oportunidade e confiança no desenvolvimento desta tese, muito obrigada!

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Programa REUNI de Orientação e Operacionalização da Pós-Graduação Articulada à Graduação da Universidade Federal do Ceará (UFC) pela concessão da bolsa de doutorado.

Ao Laboratório de Dinâmica Costeira e Análises de Impactos Ambientais do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará (UFC) pela troca de experiências profissionais com meus amigos Buda, Gleidson e Mário.

Ao Programa de horas-pesquisa da Universidade de Fortaleza (UNIFOR).

Ao Laboratório de Topografia da Universidade de Fortaleza – UNIFOR pela concessão de equipamentos e acessórios topográficos para obtenção de dados, além do uso de *software* para processamento de dados.

Ao Professor Dr. Sebastián González Chiozza, as Professoras Dra. Lidriana de Souza Pinheiro e a Dra. Maria Ozilea Bezerra Menezes pela ajuda, colaboração e sugestões no caminhar desta pesquisa. Serei eternamente grata! Obrigada!

Ao Sr. Ubiratan, ao Paulo Henrique e a Rayane da Empresa Geodata Engenharia LTDA que muito contribuiu nos meus conhecimentos topográficos e pela concessão do RTK para os levantamentos de campo. Obrigada!

Aos meus eternos amigos (Paulo Henrique (PH), Carol, Aluizio, Kcrishina, Aline, Ismália, Wilson, Jorge, Tatiane, Paulo, Léa, Irion, Diego, Laldiane, Glacianne, Glairton, Marisa, Mariana Aquino, Mariana, Miguel, Davis, Raquel, Judária, André, João Paulo, Silvio, Lilian Soares, Lilian Sorele, Renata, Helder Gadelha, Thiago, Luciana, Santiago, Lidiane, Buda, Leonardo, Glaydson, Mário, Jorge, Neide, Aline, Agnaldo, Daniele Araújo, Bárbara, Tiago

Quintela, Lucas Quintela e Natalia pelo respeito, sinceridade, atenção, e principalmente, pelos momentos de alegria e de aprendizagem. Não sei o que seria sem ajuda de todos vocês!

Aos bolsistas de Iniciação Científica da Universidade de Fortaleza, Arthur e João Marcos. E também, aos alunos de graduação Ivens, Ebert, Pollyana, Tamara, Pedro Henrique, Patrick e Aluisio que ajudaram nas atividades experimentais. Obrigada!

Aos meus eternos alunos dos Cursos de Engenharia Civil, Engenharia Ambiental e Sanitária e Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Fortaleza, pelos questionamentos durante as aulas práticas que deu subsídio a esta tese. Obrigada!

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais e do Programa Pós-Graduação em Geologia pela aprendizagem e pelo convívio estimulante durante o curso de doutorado. Em especial, a Professora Dra. Loreci *in memoriam*.

Aos professores do Curso de Aperfeiçoamento em Topografia, Cartografia, Geodésia e Ajustamento de Observações do Instituto Brasileiro de Educação Continuada pela aprendizagem e pelo convívio, aos Professores Dr. Silvio Garnés e MSc. Adeildo Antão dos Santos.

Aos professores e meus amigos do Curso Técnico em Agrimensura do CEPEP pelos conhecimentos e troca de experiências na área de topografia e geodésia. Especialmente, a Nilian, Ricardo, Gledson, Leonel, Wellington e ao Prof. Carlos Brasil. Obrigada!

Em fim, a todos que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Obrigada!

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar os métodos e os equipamentos adotados no estudo morfológico de feições costeiras, com o propósito de contribuir com informações úteis à comunidade científica na precisão dos dados obtidos, elencando as vantagens, as desvantagens e os tipos de cuidados no levantamento topográfico e geodésico. A metodologia foi dividida em quatro etapas: estado do conhecimento ou da arte; atividades de gabinete; atividades laboratoriais e atividades experimentais. Foram realizadas três atividades experimentais em duas áreas totalmente distintas para obter dados planimétricos, altimétricos e planialtimétricos por meio de diversos métodos e equipamentos. Todos os dados altimétricos foram referidos ao nível médio dos mares a partir da Referência de Nível (RN) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e as coordenadas foram obtidas a partir do *Real Time Kinematic* (RTK), juntamente, com as estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo, em Coordenadas UTM e Geográficas, na projeção SIRGAS 2000, do Fuso/Zona 24M. No levantamento planimétrico foram aplicados os seguintes métodos com seus respectivos equipamentos: caminhamento por poligonal fechada, posicionamento absoluto com Sistema de Posicionamento Global (GPS) e posicionamento relativo com RTK. O melhor método e equipamento foi o posicionamento relativo com RTK, e em segundo, foi método de caminhamento por poligonal fechada com estação total. A diferença na posição das coordenadas no ponto de controle foi de 0,005 m na horizontal ambos os métodos e equipamentos adotados. O uso do receptor de Sistema de Posicionamento Global (GPS) apresentou deslocamentos significativos e variáveis na horizontal. Dessa forma, deve ser repensado o uso do equipamento para fins científicos de acordo com o objetivo e a escala de trabalho. No levantamento altimétrico foram aplicados os seguintes métodos com seus respectivos equipamentos: nivelamento geométrico com nível topográfico; hidrostático com mangueira de nível; nivelamento trigonométrico com estação total e posicionamento relativo com RTK. Foi constatado tanto no experimento I quanto no experimento II que os métodos de nivelamento geométrico e o hidrostático apresentaram melhores resultados em relação aos outros métodos e equipamentos aplicados. Verificou-se que os valores de diferença de nível, perímetro, área e volume bem próximos, ratificando a precisão de ambos os métodos e equipamentos para obtenção de dados altimétricos. O RTK apesar de ter um custo elevado apresentou variações de altitudes na precisão centimétrica. No levantamento planialtimétrico foi estabelecido uma malha quadriculada aplicando os seguintes métodos com seus respectivos equipamentos: nivelamento geométrico com nível topográfico; nivelamento trigonométrico com estação total e posicionamento relativo com RTK. Foi constatado que o nivelamento geométrico com nível topográfico apresentou melhores resultados do que os demais métodos e equipamentos. Entretanto, foi o mais demorado.

Palavras-chave: feições morfológicas, topografia, geodésia.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the methods and the equipment adopted in the morphological study of coastal features, in order to contribute useful information to the scientific community on the accuracy of data, listing the advantages, disadvantages and the types of care in topographic and geodetic survey. The methodology was divided into four stages: state of knowledge or art; office activities; laboratory activities and experimental activities. three experimental activities were carried out in two totally distinct areas for planimetric, altimetric and planialtimetric data through various methods and equipment. All altimetry data were reported to the average sea level from the Level Reference (RN) of the Brazilian Geography and Statistics Institute (IBGE) and the coordinates were obtained from the Real Time Kinematic (RTK) along with the seasons the Brazilian Continuous Monitoring Network in UTM coordinates and Geographic, the projection SIRGAS 2000 Spindle / Zone 24M. In planimetric survey the following methods were applied with their equipment: traversal by closed polygonal, absolute positioning with Global Positioning System (GPS) and relative positioning with RTK. The best method and apparatus was the relative RTK positioning, and second, it was traversal method polygonal closed with a total station. The difference in the position of the coordinates in the control point was 0,005 m horizontally both methods and equipment adopted. The use of the Global Positioning System (GPS) receiver and variables showed significant shifts horizontally. Thus, it should be rethought the use of equipment for scientific purposes in accordance with the purpose and scale of work. In altimetry survey the following methods were applied with their equipment: leveling with topographic level; Hydrostatic level with hose; trigonometric leveling with total station and relative positioning with RTK. Was I note both in experiment I and II in the experiment that the methods of leveling and hydrostatic showed better resultatos compared to other applied methods and equipment. It was found that the level of difference values, perimeter, area and volume near well, confirming the accuracy of both methods and equipment to obtain altimetric RTK despite having a high cost showed variations in altitudes centimeter accuracy. In planialtimetric survey a checkered mesh was established by applying the following methods with their equipment: leveling with topographic level; trigonometric leveling with total station and relative positioning with RTK. It was found that the leveling with topographic level showed better results than other methods and equipment. However, it was the most time consuming.

Keywords: morphological features, topography, geodesy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização espacial das atividades experimentais no Campus da Universidade de Fortaleza - UNIFOR e no <i>spit</i> arenoso do estuário do rio Pacoti.	27
Figura 2: Representação gráfica do estuário (A) e das zonas interna, central e externa (B). ...	35
Figura 3: Configuração morfológica de um estuário dominado por onda (A) e dominado por maré (B).	36
Figura 4: Representação gráfica dos tipos de estuários pelos aspectos geomorfológicos.	37
Figura 5: Representação gráfica do sistema topográfico local.	39
Figura 6: Origem do Sistema Topográfico Local e distância máxima a esta origem.	40
Figura 7: Representação gráfica do esferoide terrestre ao plano topográfico.	41
Figura 8: Fluxograma referente aos objetivos, divisões e classificações da Topografia.	42
Figura 9: Representação gráfica do processo de irradiação (estação “A” localizada dentro e fora da demarcação).	44
Figura 10: Representação gráfica do processo de intersecção.	45
Figura 11: Representações gráficas pelo método do caminhamento por ângulos azimutais (a), de deflexão (b), por ângulos internos (c) e por ângulos externos (d).	46
Figura 12: Representação gráfica na definição de cota.	47
Figura 13: Representação gráfica na definição de altitude.	48
Figura 14: Representação gráfica do nivelamento estadimétrico.	49
Figura 15: Representação gráfica do nivelamento trigonométrico.	50
Figura 16: Representação gráfica por nivelamento geométrico.	51
Figura 17: Representação gráfica por nivelamento geométrico composto.	51
Figura 18: Representação gráfica por nivelamento hidrostático.	52
Figura 19: Representação gráfica da distinção de precisão e exatidão.	53
Figura 20: Representação gráfica das superfícies de referências das altitudes.	58
Figura 21: Representação gráfica dos segmentos do GPS.	59

Figura 22: Representação gráfica do posicionamento absoluto (A) e do posicionamento relativo(B).....	60
Figura 23: Fluxograma metodológico.	61
Figura 24: Localizações das estações altimétricas (2728U e 2742H) do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB).....	63
Figura 25: Localizações da estação planimétrica (92001) do Sistema Geodésico Brasileiro e da estação GPS (RBMC).	64
Figura 26: Medições de distâncias horizontais da base até as estações CEFT e CEUU da RBMC.....	66
Figura 27: Realização do experimento I no Campus da Universidade de Fortaleza.	75
Figura 28: Localização do RN para determinação da altitude ortométrica do marco.	77
Figura 29: Procedimento aplicado no “transporte de cota”.....	78
Figura 30: Representação gráfica da grade regular gerada pelo método de quadriculação.	79
Figura 31: Local de realização da atividade experimental I no Campus da UNIFOR (teste piloto).	82
Figura 32: Verificação do nível d’água e fixação da mangueira e do nível de cantoneira a mira topográfica.	84
Figura 33: Perfil topográfico oriundo do nivelamento geométrico com nível do experimento I (teste piloto).....	85
Figura 34: Perfil topográfico oriundo do nivelamento hidrostático com mangueira de nível do experimento I (teste piloto).....	88
Figura 35: Marco de referência altimétrica e planimétrica.....	89
Figura 36: Distribuição das estacas dentro de um alinhamento perpendicular a costa.	91
Figura 37: Acessórios utilizados para o levantamento hidrostático com mangueira, mira e nível de cantoneira.....	93
Figura 38: Perfil topográfico da faixa de praia oriundo do nivelamento geométrico com nível do experimento II (teste piloto).	94
Figura 39: Perfil topográfico da faixa de praia oriundo do nivelamento hidrostático com mangueira de nível do experimento II (teste piloto).....	96
Figura 40: Perfil topográfico da faixa de praia oriundo do posicionamento relativo com Real Time Kinematic (RTK) do experimento II (teste piloto).	101

Figura 41: Traçado da linha de costa por caminhamento de poligonal fechada com estação total do experimento II (teste piloto).	109
Figura 42: Representação gráfica de triangulação e dos pontos mensurados com o RTK....	110
Figura 43: Traçado da linha de costa por posicionamento relativo com RTK do experimento II (teste piloto).	112
Figura 44: Traçado da linha de costa por posicionamento absoluto com receptor de Sistema de Posicionamento Global (GPS) do experimento II (teste piloto).	115
Figura 45: Traçados da linha de costa oriundos de métodos e equipamentos distintos do experimento II (teste piloto).	116
Figura 46: Representação gráfica da área de levantamento para traçar a linha de costa.	119
Figura 47: Diferença de cor da areia e a distribuição de objetos serviram como indicador da linha de preamar.	119
Figura 48: Distribuição espacial dos vértices da poligonal próximo à desembocadura do estuário do Rio Pacoti.	120
Figura 49: Levantamento de ângulos e distâncias com estação total para traçar a linha de costa.	121
Figura 50: Dados informados ao Programa Topograph para processamento inicial dos dados.	122
Figura 51: Dados de tolerâncias angular, altimétrica e relativa linear informados ao Programa <i>Topograph</i>	123
Figura 52: Resultados obtidos da poligonal por meio do Programa <i>Topograph</i>	123
Figura 53: Traçado da linha de costa por caminhamento de poligonal fechada com estação total do experimento III.	126
Figura 54: Levantamento de coordenadas UTM com receptor GPS para traçar a linha de preamar no experimento III.	127
Figura 55: Traçado da linha de costa por posicionamento absoluto com receptor de Sistema de Posicionamento Global (GPS) do experimento III.	129
Figura 56: Configuração do receptor RTK e levantamento de dados geodésicos.	130
Figura 57: Método de triangulação da base mais as RBMC processadas no Programa Topcon Link.	130
Figura 58: Traçado da linha de costa por posicionamento relativo com <i>Real Time Kinematic</i> (RTK) do experimento III.	132

Figura 59: Mapa de representação das linhas de costa obtidas por métodos e equipamentos distintos do experimento III.....	135
Figura 60: Mapa de delimitação do setor 01 sobre as linhas de costas obtidas por métodos e equipamentos distintos do experimento III.	136
Figura 61: Mapa de delimitação do setor 02 sobre as linhas de costas obtidas por métodos e equipamentos distintos do experimento III.	137
Figura 62: Mapa de delimitação do setor 03 sobre as linhas de costas obtidas por métodos e equipamentos distintos do experimento III.	138
Figura 63: Mapa de delimitação do setor 04 sobre as linhas de costas obtidas por métodos e equipamentos distintos do experimento III.	139
Figura 64: Mapa de delimitação do setor 05 sobre as linhas de costas obtidas por métodos e equipamentos distintos do experimento III.	140
Figura 65: Tipos de amostragem: regular (a), semi-regular (b) e irregular (c).	143
Figura 66: Fluxograma de geração do MDT.	144
Figura 67: Nomeação e distribuição espacial das estacas por método de quadriculação.....	145
Figura 68: Procedimento de alinhamento das estacas.	145
Figura 69: Procedimento de obtenção de dados a partir do nivelamento geométrico com nível topográfico.....	147
Figura 70: Representação gráfica da malha triangular gerada a partir do nivelamento geométrico.	148
Figura 71: Representação gráfica das curvas de nível com equidistância de 0,10 m gerada a partir do nivelamento geométrico.....	149
Figura 72: Modelo digital do terreno gerado por nivelamento geométrico com nível do experimento III.	150
Figura 73: Representação gráfica da malha triangular gerada a partir do nivelamento trigonométrico.	152
Figura 74: Representação gráfica das curvas de nível com equidistância de 0,10 m gerada a partir do nivelamento trigonométrico com estação total.	153
Figura 75: Modelo digital do terreno gerado por nivelamento trigonométrico com estação total do experimento III.	154
Figura 76: Configuração da base e do rover do RTK pela coletora.	155
Figura 77: Obtenção da ondulação geoidal a partir do Programa MAPGEO 2010.	156

Figura 78: Representação gráfica da malha triangular gerada a partir do posicionamento relativo com Real Time Kinematic (RTK).	157
Figura 79: Representação gráfica das curvas de nível com equidistância de 0,10 m geradas a partir do posicionamento relativo.	158
Figura 80: Modelo digital do terreno gerado por posicionamento relativo com RTK do experimento III.	159
Figura 81: Localização dos marcos de referência altimétrica e planimétrica próximo a desembocadura do estuário do rio Pacoti.	165
Figura 82: Perfis topográficos oriundos do nivelamento geométrico com nível do experimento III.	179
Figura 83: Perfis topográficos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total. .	195
Figura 84: Perfis topográficos oriundos do posicionamento relativo com Real Time Kinematic (RTK).	201

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Critérios de classificações de costas.....	31
Quadro 2: Classificações no estudo morfodinâmico praias.....	33
Quadro 3: Precisão do posicionamento relativo em função do tempo de observação conforme o IBGE.....	65
Quadro 4: Precisão do posicionamento relativo em função do tempo de observação conforme o INCRA.....	65
Quadro 5: Dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível.....	83
Quadro 6: Diferença de nível (ΔN), distância horizontal (DH), declividade em percentual (D%) e declividade em graus (D°) oriundos do nivelamento geométrico com nível (dados da média).....	83
Quadro 7: Dados altimétricos oriundos do nivelamento hidrostático com mangueira de nível.....	86
Quadro 8: Dados altimétricos oriundos do nivelamento hidrostático com mangueira de nível, desconsiderando os valores das estacas 3, 4 e 5 (amostra 1) e da estaca 6 (amostra 3).....	86
Quadro 9: Diferença de nível (ΔN), distância horizontal (DH), declividade em percentual (D%) e declividade em graus (D°) oriundos do nivelamento hidrostático com mangueira de nível (dados da média).....	87
Quadro 10: Dados obtidos do “transporte de cota” por nivelamento geométrico composto por contranivelamento.....	90
Quadro 11: Dados altimétricos oriundos do levantamento topográfico por nivelamento geométrico do experimento II (teste piloto).....	91
Quadro 12: Dados de diferenças de nível (ΔN), distâncias horizontais, declividades (percentual e graus) e classificações decorrentes do nivelamento geométrico do experimento II (teste piloto).....	92
Quadro 13: Dados de perímetro (m), área (m ²), largura (m) e volume (m ³) oriundos do perfil topográfico de nivelamento geométrico com nível do experimento II (teste piloto).....	93
Quadro 14: Dados altimétricos oriundos do levantamento topográfico por método hidrostático do experimento II (teste piloto).....	95
Quadro 15: Dados de diferenças de nível (ΔN), distâncias horizontais, declividades (percentual e graus) e classificações decorrentes do método hidrostático por mangueira de nível do experimento II (teste piloto).....	97

Quadro 16: Dados de perímetro (m), área (m ²), largura (m) e volume (m ³) oriundos do perfil topográfico de nivelamento hidrostático com mangueira de nível do experimento II (teste piloto).	97
Quadro 17: Dados altimétricos oriundos do método de posicionamento relativo com RTK do experimento II (teste piloto).	99
Quadro 18: Dados de diferenças de nível (ΔN), distâncias horizontais, declividades (percentual e graus) e classificações decorrentes do método de posicionamento relativo com RTK do experimento II (teste piloto).	100
Quadro 19: Dados de perímetro (m), área (m ²), largura (m) e volume (m ³) oriundos do do método de posicionamento relativo com RTK do experimento II (teste piloto).	100
Quadro 20: Análise estatística de todos os dados de altitude obtidos por métodos de nivelamento geométrico composto simples, de nivelamento hidrostático com mangueira de nível e posicionamento relativo com RTK.	104
Quadro 21: Análise estatística de todos os dados de altitude obtidos por método de nivelamento geométrico composto simples e por método de nivelamento hidrostático com mangueira de nível.	105
Quadro 22: Dados referentes ao levantamento topográfico por poligonal fechada do experimento II (teste piloto).	107
Quadro 23: Dados referentes ao levantamento geodésico por posicionamento relativo.	111
Quadro 24: Dados referentes ao levantamento geodésico por posicionamento absoluto.	113
Quadro 25: Dados de ângulos e distâncias oriundos das visadas de re e vante da poligonal fechada do experimento III.	122
Quadro 26: Dados de ângulos e distâncias após ajustamento da poligonal do experimento III.	125
Quadro 27: Coordenadas UTM das estacas obtidos por receptor GPS para traçar a linha de costa.	127
Quadro 28: Coordenadas (UTM e Geográficas) das estacas obtidas por receptor RTK para traçar a linha de costa do experimento III.	131
Quadro 29: Distâncias mensuradas da linha de referência até as linhas de costa (obtidas com estação total, receptor GPS e RTK) do experimento III.	133
Quadro 30: Distâncias mensuradas da linha de referência até as linhas de costa (obtidas com estação total e RTK) do experimento III.	134
Quadro 31: Vantagens, desvantagens e cuidados com os métodos e equipamentos aplicados no estudo de morfológico da linha de preamar.	141

Quadro 32: Informações resultantes dos dados obtidos pelos métodos e equipamentos distintos.....	160
Quadro 33: Vantagens, desvantagens e tipos de cuidados adotados durante o levantamento topográfico e geodésico.	162
Quadro 34: Dados obtidos do “transporte de cota” por nivelamento geométrico composto por contranivelamento.	164
Quadro 35: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 1.....	168
Quadro 36: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 1, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.	168
Quadro 37: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 2.....	169
Quadro 38: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 2, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.	169
Quadro 39: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 3.....	170
Quadro 40: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 3, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.	170
Quadro 41: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 4.....	171
Quadro 42: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 4, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.	171
Quadro 43: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 5.....	172
Quadro 44: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 5, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.	172
Quadro 45: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 6.....	173
Quadro 46: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 7.....	173

Quadro 47: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 7, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.	174
Quadro 48: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 8.....	174
Quadro 49: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 9.....	175
Quadro 50: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 10.....	175
Quadro 51: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 11.....	176
Quadro 52: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 11, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.	176
Quadro 53: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 12.....	177
Quadro 54: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 12, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.	177
Quadro 55: Média aritmética das amostras oriundas do nivelamento geométrico com nível.	178
Quadro 56: Parâmetros dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível.	178
Quadro 57: Dados de perímetro (m), área (m ²) e volume (m ³) dos perfis topográficos oriundos do nivelamento geométrico com nível.....	180
Quadro 58: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 1.....	182
Quadro 59: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 1, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.	182
Quadro 60: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 2.....	183
Quadro 61: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 2, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.	183

Quadro 62: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 3.....	184
Quadro 63: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 3, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.	184
Quadro 64: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 4.....	185
Quadro 65: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 4, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.	185
Quadro 66: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 5.....	186
Quadro 67: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 5, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.	186
Quadro 68: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 6.....	187
Quadro 69: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 6, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.	187
Quadro 70: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 7.....	188
Quadro 71: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 7, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.	188
Quadro 72: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 8.....	189
Quadro 73: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 8, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.	189
Quadro 74: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 9.....	190
Quadro 75: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 9, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.	190

Quadro 76: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 10.....	191
Quadro 77: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 10, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.....	191
Quadro 78: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 11.....	192
Quadro 79: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 11, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.....	192
Quadro 80: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 12.....	193
Quadro 81: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 1, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.	193
Quadro 82: Média aritmética das amostras oriundas do nivelamento trigonométrico com estação total.	194
Quadro 83: Parâmetros dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total.	194
Quadro 84: Dados de perímetro (m), área (m ²) e volume (m ³) dos perfis topográficos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total.....	196
Quadro 85: Dados altimétricos oriundos do posicionamento relativo com RTK.....	197
Quadro 86: Altitudes ortométricas dos perfis topográficos.....	199
Quadro 87: Parâmetros dos dados altimétricos oriundos do método de posicionamento relativo com RTK.....	199
Quadro 88: Dados de perímetro (m), área (m ²) e volume (m ³) dos perfis topográficos oriundos do método de posicionamento relativo com RTK.....	200
Quadro 89: Vantagens, desvantagens e tipos de cuidados adotados durante o levantamento topográfico e geodésico.....	204

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	24
2. REFERENCIAL TEÓRICO	30
2.1. Zona Costeira.....	30
2.1.1. Aspectos conceituais, classificações e feições costeiras	30
2.2. Faixas de praia	32
2.2.1. Aspectos conceituais e classificações morfológicas.....	32
2.3. Estuários	34
2.3.1. Aspectos conceituais e classificações morfológicas.....	34
2.4. Topografia	38
2.4.1. Aspectos conceituais, objetivos e divisões	38
2.4.2. Tipos de levantamentos e métodos de obtenção de dados topográficos.....	43
2.4.3. Erros topográficos	52
2.4.3.1. Erros nas medições de distâncias.....	54
2.4.3.2. Erros nas medições angulares.....	56
2.5. Sistema Global de Navegação por Satélites (GNSS)	57
2.5.1. Aspectos conceituais, segmentos, métodos de posicionamento e erros	57
3. METODOLOGIA.....	61
3.1. Estado do Conhecimento ou da Arte	61
3.2. Atividades de Gabinete.....	62
3.3. Atividades Laboratoriais.....	70
3.4. Atividades Experimentais.....	70
3.4.1. Experimento I	75
3.4.2. Experimento II.....	76
3.4.3. Experimento III.....	77
4. TESTE PILOTO APLICADO NA OBTENÇÃO DE DADOS TOPOGRÁFICOS E GEODÉSICOS	81
4.1. Experimento I: Teste piloto no Campus da UNIFOR	81
4.1.1. Levantamento topográfico por nivelamento geométrico com nível.....	82
4.1.2. Levantamento topográfico por nivelamento hidrostático com mangueira	84
4.1.3. Análise comparativa dos métodos e equipamentos	87
4.2. Experimento II: Teste piloto na desembocadura do estuário do Rio Pacoti.....	89
4.2.1. Faixa de praia.....	90
4.2.1.1. Levantamento topográfico por nivelamento geométrico com nível.....	91
4.2.2.2. Levantamento topográfico por nivelamento hidrostático com mangueira	93
	22

4.2.2.3 Levantamento geodésico por posicionamento relativo com <i>Real Time Kinematic</i> (RTK)	98
4.2.4. Análise comparativa dos métodos e equipamentos	102
4.2.2. Linha de costa.....	106
4.2.2.1. Levantamento topográfico por caminhamento de poligonal fechada com estação total.....	106
4.2.2.2. Levantamento geodésico por posicionamento relativo com <i>Real Time Kinematic</i> (RTK)	110
4.2.2.3. Levantamento geodésico por posicionamento absoluto com receptor de Sistema de Posicionamento Global (GPS).....	113
4.2.2.4. Análise comparativa dos métodos e equipamentos.....	114
5. LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO E GEODÉSICO APLICADO NO MAPEAMENTO DA LINHA DE COSTA	117
5.1. Levantamento topográfico por caminhamento de poligonal fechada com estação total.	120
5.2. Levantamento geodésico por posicionamento absoluto com Receptor de Posicionamento Global (GPS).....	127
5.3. Levantamento geodésico por posicionamento relativo com <i>Real Time Kinematic</i> (RTK).	128
5.4. Análise comparativa dos métodos e equipamentos.....	131
6. MORFOLOGIA DE FEIÇÕES COSTEIRAS: COMPARAÇÃO DO MODELO DIGITAL DO TERRENO POR DIFERENTES MÉTODOS.....	142
6.1. Levantamento topográfico por nivelamento geométrico com nível.....	146
6.2. Levantamento topográfico por método trigonométrico com estação total.....	149
6.3. Levantamento geodésico por posicionamento relativo com <i>Real Time Kinematic</i> (RTK)	153
6.4. Análise comparativa dos métodos e equipamentos	158
7. LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO E GEODÉSICO APLICADOS EM FAIXA DE PRAIAS.....	163
7.1. Levantamento topográfico por nivelamento geométrico com nível.....	166
7.2. Levantamento topográfico por nivelamento trigonométrico com estação total	180
7.3. Levantamento geodésico por posicionamento relativo com <i>Real Time Kinematic</i> (RTK)	196
7.4. Análise comparativa dos métodos e equipamentos.....	202
8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	205
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	210
ANEXOS.....	217

1. INTRODUÇÃO

Apesar de a zona costeira ser um ambiente instável, a maior parte da população vive e/ou trabalha próximo ao oceano, devido sua importância estratégica ambiental, social, cultural e econômica. De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UNESCO (1997), aproximadamente 2/3 da população mundial vive atualmente numa faixa de menos de 50 km do litoral. Essa faixa de terra litorânea, correspondente a menos de 2% do território terrestre, abrigando uma população de pouco mais de quatro bilhões de pessoas.

A população mundial que vive em regiões costeiras poderá elevar-se a 75%, fato que amplifica ainda mais as preocupações com relação à ocupação acelerada destas áreas (AGENDA 21, 1996). Portanto, compreender os processos atuantes e a morfologia costeira é de fundamental importância para quase metade da população mundial, pois, eles são essenciais no planejamento e desenvolvimento (CHRISTOPHERSON, 2012).

A zona costeira pode ser definida por meio do ponto de vista espacial e da gestão. O primeiro corresponde a uma estreita faixa de transição entre o continente e o oceano. E o segundo, consiste num palco onde se acentuam os conflitos de uso, se aceleram as perdas de recursos e se verificam os maiores impactos ambientais devido à grande concentração demográfica e aos crescentes interesses econômicos e pressões antrópicas (Aquasis, 2003).

Existem diversos ambientes costeiros, como: baías, corais, costões rochosos, deltas, campo de dunas, brejos, falésias, ilhas, lagoas costeiras, lagoas, recifes, restingas, barras arenosas, linha de costa, faixas de praias e estuários. Sendo o último, o assunto de estudo e de discussão desta tese no que se refere ao estudo morfológico de desembocadura de rios pois, as faixas de praias, as barras arenosas e a linha de costa compõem o ambiente costeiro frontal dos estuários.

Entende-se estuário, como ambiente costeiro de caráter transitório situado entre o continente e o oceano (FALCÃO-QUINTELA, 2008). Encontram-se sujeitos a ação das marés, centrífuga e a descarga fluvial que ao diluir a água salgada ocasiona movimentos

diferenciados que, vão determinar os processos de circulação na bacia estuarina. São ecodinamicamente instáveis e desempenham papéis ecológicos importantes.

Ao longo de aproximadamente 8.500 km do litoral brasileiro, existem diversos estuários e lagunas costeiras que contribuíram para o desenvolvimento de cidades, tendo como consequência, modificações nos processos de sedimentação e de erosão e nas características, tais como: geometria, corrente de maré, descarga de água doce e qualidade da água, que foram alteradas por processos naturais e antrópicos, no decorrer dos séculos (MIRANDA et al., 2002).

De um modo geral, esses ambientes têm sofrido diversos impactos ambientais relacionados tanto as atividades exercidas no interior da bacia hidrográfica quanto na zona costeira, que na maioria das vezes, tornam-se irreversíveis (FALCÃO-QUINTELA, 2008; 2011). Sabemos que, a construção de barragens ao longo dos rios, apesar de necessárias para atender as demandas da população, traz mudanças significativas à sua jusante, principalmente, nas desembocaduras de estuários.

Tais mudanças são acentuadas em regiões de clima semiárido, pois, às irregularidades da quadra chuvosa e a regularização da vazão associada às variáveis oceanográficas e ação eólica, e também, as formas inadequadas de uso e ocupação são responsáveis por processos morfodinâmicos acelerados na desembocadura de rios (FALCÃO-QUINTELA, op. cit.).

Isto é refletido no deslocamento ou fechamento total ou parcial das desembocaduras de rios, ocasionando mudanças nos aspectos hidrológicos, hidrodinâmicos, sedimentológicos e morfodinâmicos do sistema. Sendo a obtenção de dados para o estudo morfológico, o elemento chave desta pesquisa científica.

Ao longo de 36 anos, a Topografia é uma das ciências que vem sendo aplicada em diversos estudos morfológicos de ambientes costeiros tanto no contexto internacional quanto no contexto nacional. Apesar que nos últimos anos, vem crescendo significativamente o uso do Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) e técnicas de geoprocessamento em tais estudos.

Dessa forma, a hipótese desta pesquisa encontra-se vinculada uma pergunta de partida, a saber: Será que para obter dados quantitativos e qualitativos referentes a morfologia de ambientes costeiros é necessário fazer um investimento elevado com a aquisição de novas tecnologias?

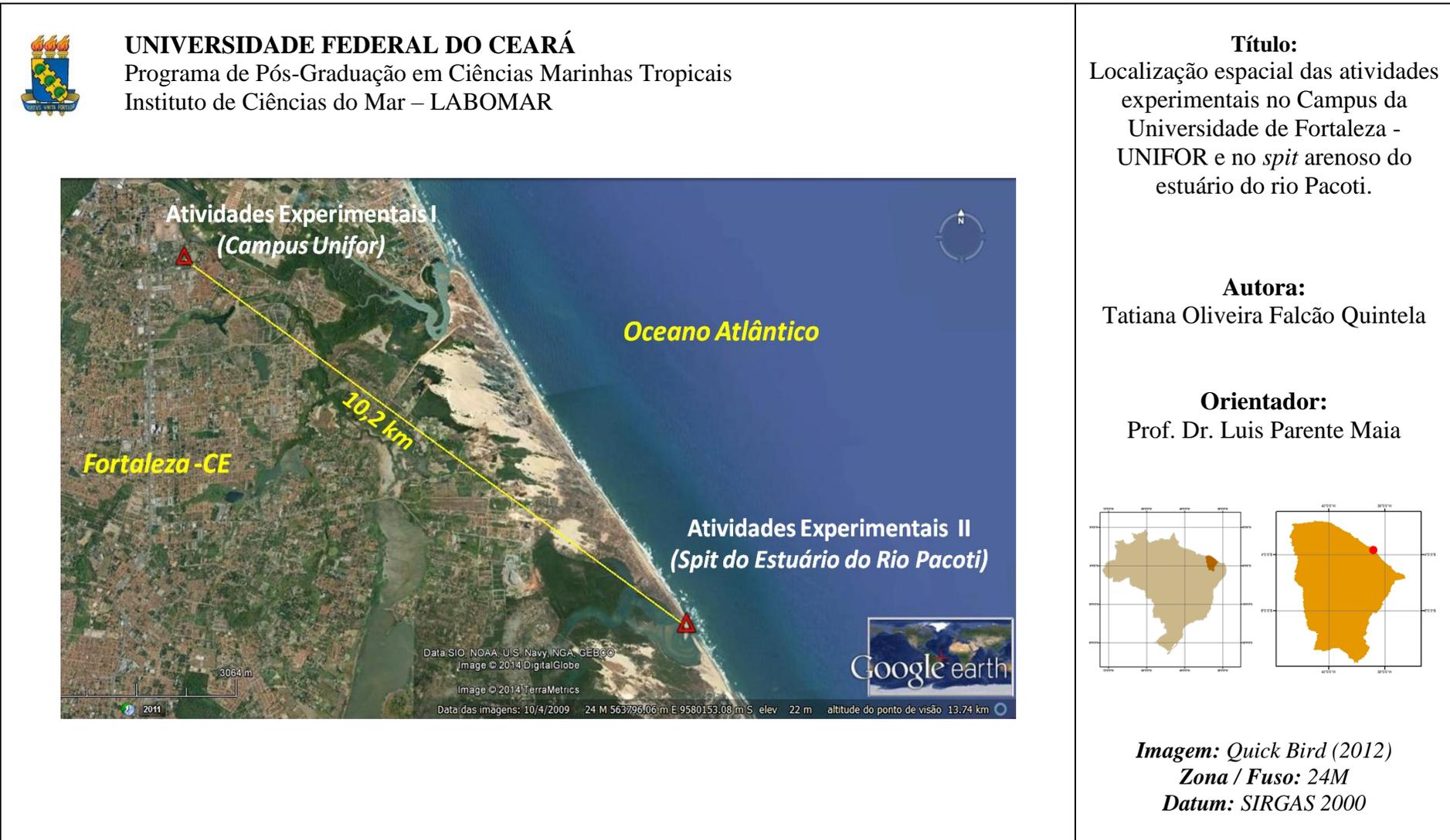
Em essência, a proposta de pesquisa intitulada “procedimentos de investigações e avaliações metodológicas no estudo morfológico de feições costeiras tem como objetivo geral avaliar os métodos e os equipamentos adotados no estudo morfológico de feições costeiras, com o propósito de contribuir com informações úteis à comunidade científica na precisão dos dados obtidos, elencando as vantagens, as desvantagens e os tipos de cuidados no levantamento topográfico e geodésico.

Dessa forma, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Discutir questões teóricas de zona costeira, faixas de praia, estuários, topografia e Sistema de Navegação Global por Satélite (GNSS);
- Elencar os tipos de métodos aplicado no estudo morfológico de feições costeiras (faixas de praia, a linha de costa e a desembocadura de estuários);
- Realizar uma análise comparativa dos métodos adotados na mensuração de dados para traçar a linha de costa, esgrimindo as vantagens, desvantagens e os tipos de cuidados;
- Traçar uma análise comparativa dos métodos aplicados para gerar o Modelo de Digital do Terreno, esgrimindo as vantagens, desvantagens e os tipos de cuidados;
- Realizar uma análise comparativa e estatística dos métodos adotados na mensuração de dados para traçar os perfis topográficos, esgrimindo as vantagens, as desvantagens e os tipos de cuidados;
- Contribuir com informações úteis para comunidade científica no estudo morfológico de feições costeiras de desembocadura de estuários, faixas de praia, linha de costa e barra arenosa.

Para almejar os objetivos desta pesquisa e melhor compreender os procedimentos de investigações e avaliações metodológicas desta tese foram estabelecidas duas áreas (Universidade de Fortaleza e no *spit* arenoso do estuário do rio Pacoti) para as realizações das atividades experimentais (Figura 01).

Figura 1: Localização espacial das atividades experimentais no Campus da Universidade de Fortaleza - UNIFOR e no *spit* arenoso do estuário do rio Pacoti.



Em síntese, a tese encontra-se dividida em oito capítulos, a saber: o primeiro corresponde à parte introdutória onde foram destacados conceitos e informações referentes à importância do estudo morfológico feições costeiras. Além disso, foram expostos às justificativas, as hipóteses, a localização das atividades experimentais e os objetivos.

No capítulo posterior foi retratado o referencial teórico desta pesquisa, tomando como base os diversos conceitos existentes na literatura referentes à zona costeira, faixas de praia, estuários, Topografia e Sistema Global de Navegação por Satélites (GNSS).

O terceiro capítulo relata de forma detalhada os procedimentos metodológicos aplicados na obtenção de dados e concretização dos resultados para almejar os objetivos desta pesquisa. Tais procedimentos foram divididos em quatro etapas, a saber: estado do conhecimento ou da arte; atividades de gabinete; atividades laboratoriais e atividades experimentais.

No capítulo subsequente delinea-se uma análise comparativa e estatística oriundos do teste piloto aplicado na obtenção de dados topográficos e geodésicos realizados na Universidade de Fortaleza e na desembocadura do Estuário do Rio Pacoti. Delimitando os procedimentos, métodos e equipamentos definitivos para o levantamento de dados.

No quinto capítulo foi feita uma análise comparativa e estatística dos métodos aplicados na mensuração de dados para obter informações referentes ao traçado da linha de costa por meio de levantamento topográfico e geodésico. A seguir são elencadas as vantagens, desvantagens dos métodos e equipamentos usados no estudo morfológico da linha de costa, e os tipos de cuidados.

Posteriormente, no sexto capítulo, foi apresentado o Modelo Digital do Terreno (MDT) obtido por meio de levantamento topográfico e geodésico. São apresentados os dados analisados estatisticamente, a malha triangular, as curvas de nível e o MDT oriundos de cada método e equipamento. Além disso, é descrito as vantagens e desvantagens.

No sétimo capítulo foi disposto a análise comparativa e estatística dos métodos aplicados na mensuração de dados para traçar os perfis topográficos por meio de

levantamento topográfico altimétricos e geodésico. O capítulo apresenta informações de altitude, distância horizontal, diferença de nível, declividade, cálculo de área e de volume por seção. Também são descritas algumas vantagens e desvantagens dos métodos e equipamentos aplicados no estudo morfológico de faixas de praia.

E finalmente, o oitavo capítulo que sintetiza de forma clara as conclusões alcançadas com o estudo morfológico de feições costeiras por diferentes métodos e equipamentos. A seguir, foram elencadas algumas recomendações para comunidade científica no uso dos métodos e equipamentos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Zona Costeira

2.1.1. Aspectos conceituais, classificações e feições costeiras

A Lei Federal de nº 7.661, de 16 de maio de 1988 institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) que no seu art.2º parágrafo único define a zona costeira como sendo “espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre”.

Na Resolução nº 005, de 03 de dezembro de 1997 que aprova o II Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC II) delimita e estabelece a área de abrangência da zona costeira em duas faixas, a saber: marítima e terrestre.

A faixa marítima se estende mar a fora distando 12 milhas marítimas (22,224 km) da linha de base¹ estabelecidas de acordo com a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar. E a faixa terrestre, sendo formada por municípios que sofrem influência dos fenômenos ocorrentes na zona costeira.

O estabelecimento de municípios pertencentes à zona costeira segue tais critérios:

- Os municípios defrontantes com o mar, assim considerado em listagem desta classe, estabelecido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE);
- Os municípios não defrontantes com o mar que se localizem nas regiões metropolitanas litorâneas;
- Os municípios contíguos às grandes cidades e às capitais estaduais litorâneas, que apresentam processo de conurbação;

¹ Linha de base – no geral, corresponde a linha de baixa-mar do litoral brasileiro, conforme indicada nas cartas náuticas de grande escala. Além disso, é utilizado o método de linhas de base retas estabelecidos pelo Decreto nº 1.290 de 21 de outubro de 1994.

- Os municípios próximos ao litoral, até 50 km da linha de costa, que aloquem, em seu território atividades ou infra-estruturas de grande impacto ambiental sobre a zona costeira, ou ecossistemas costeiros de alta relevância;
- Os municípios estuarinos-lagunares, mesmo que não diretamente defrontantes com o mar, dada a relevância destes ambientes para a dinâmica marítimo-litorânea; e
- Os municípios que, mesmo não defrontantes com o mar, tenham todos os seus limites estabelecidos com os municípios referidos nas alíneas anteriores.

Uma avaliação científica de 1995 estimou que cerca de 40% da população terrestre vive dentro de uma faixa de 100 km, e 49% dentro de uma faixa de 200 km de linha costeira (CHRISTOPHWESON, 2012). Portanto, compreender os processos atuantes e a morfologia costeira é de fundamental importância para quase metade da população mundial, pois, eles são essenciais no planejamento e desenvolvimento (CHRISTOPHERSON, *op. cit.*).

O Atlas Geográfico das Zonas Costeiras e Oceânicas do Brasil (2011), publicado com parceria do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), por meio da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), informa que 26,6 % da população brasileira vivem em municípios da zona costeira, o que equivale a 50,7 milhões de habitantes, apresentando alta densidade demográfica nessas áreas.

A zona costeira pode ser definida como uma zona de transição entre o continente e o oceano, apresentando uma importância significativa no que se refere aos aspectos ambientais, econômicos e socioculturais. Tais áreas mantêm-se, em geral, em condições de equilíbrio dinâmico e não de equilíbrio estático, podendo ser afetadas em escalas temporais e espaciais, sofrendo importantes transformações, que podem ou não ser reversíveis (SUGUIO, 2003).

King (1972) elenca os diferentes critérios de classificações de costas proposto por diversos pesquisadores (quadro 1).

Quadro 1: Critérios de classificações de costas.

PARÂMETROS	AUTORES												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
a. Tipo de estrutura	x				x		x				x		x

b. Estabilidade da estrutura						x			x				
c. Movimentos horizontais								x					x
d. Movimentos verticais		x	x	x		x	x	x					x
e. Agentes atuais					x		x	x	x				
f. Agentes pretéritos		x		x	x								x
g. Materiais de substrato									x	x			
h. Materiais em trânsito									x	x			
i. Tipo de energia									x	x		x	
j. Nível de energia									x	x		x	
k. Padrão geométrico	x	x	x	x					x	x	x		
l. Equilíbrio costeiro		x								x			
m. Perfil transversal		x	x	x					x			x	
n. Razão erosão / deposição					x		x					x	x
o. Estádio ou idade		x		x									
p. Clima								x	x			x	
q. Ecologia													
r. Tempo								x					x

Fonte: King (1972). 1. E. Suess; 2. W. M. Davis; 3. F. P. Gulliver; 4. D.W. Jonhson; 5. F. P. Shepard; 6. C.A. Cotton; 7. R. H. Fleming & F. E.Elliott; 8. H. Valentin; 9. W.A. Price; 10. W. F. Tanner; 11. A. Guilcher; 12. J.A. Davies; 13. A.L. Bloom.

Apesar da existência das diferentes classificações, pode-se dizer que nenhuma é plenamente satisfatória, mas devem ser levadas em consideração as configurações das zonas de contato continente-oceano, os movimentos relativos do nível do mar e os efeitos dos processos marinhos (SUGUIO, 2003).

Silva et al. (2004) relata que “...não existe um sistema único de classificação para os ambientes costeiros. As classificações variam em função da escala de aproximação e obviamente em função das finalidades do estudo...”

Dentre todos os ambientes costeiros, destacam-se as faixas de praias, as desembocaduras de estuários e a linha de costa.

2.2. Faixas de praia

2.2.1. Aspectos conceituais e classificações morfológicas

O Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – GERCO – institucionalizado a partir da promulgação da Lei Federal nº 7.661/88, define praia no art. 10, § 3.º, como sendo:

"...área coberta e descoberta periodicamente pelas águas, acrescida da faixa subsequente de material detrítico, tal como areias, cascalhos, seixos e pedregulhos, até o limite onde se inicie a vegetação natural, ou, em sua ausência, onde comece um outro ecossistema."

De acordo com Silva (2004) as praias e barreiras, ou cordões arenosos:

"...compõem o ambiente frontal de muitos sistemas costeiros, como deltas, estuários e lagunas. São regiões extremamente dinâmicas, cujas características morfológicas refletem o agente modificador predominante, no caso de ondas ou marés e os atributos dos sedimentos que as compõem, principalmente a granulometria, normalmente arenosa."

A movimentação dos sedimentos e as características morfológicas das praias estão intimamente relacionadas aos parâmetros oceanográficos, tais como: ondas, marés, ventos e a corrente longitudinal (SUGUIO, 2003). A "forma de um perfil transversal de uma praia é função de inúmeros fatores sedimentológicos e hidrodinâmicos" (SUGUIO, op. cit.).

Os compartimentos fisiográficos da faixa de praia podem ser divididos em pós-praia (corresponde a zona situada acima da linha de maré alta); estirâncio ou zona intertidal (zona que fica emersa na maré baixa e submersa na maré alta) e antepraia (corresponde ao limite inferior da praias até onde o fundo submarino não é afetado pelo ação das ondas) (MORAIS, 1996).

Diversos pesquisadores têm demonstrado interesse pelo estudo morfodinâmico de ambiente praias (ALBUQUERQUE, 2009). De acordo com Calliari et. al (2003) a "morfodinâmica praias é um método de estudo o qual integra observações morfológicas e dinâmicas", ou seja, a "morfologia e a hidrodinâmica evoluem conjuntamente". Alguns estudos no enfoque morfodinâmico praias favorecem em classificações diferenciadas a partir de parâmetros considerados (quadro 02).

Quadro 2: Classificações no estudo morfodinâmico praias.

Pesquisadores	Descrições	Parâmetros
<ul style="list-style-type: none">• Sazaki (1980 <i>apud</i> Carter, 1988);• Sazaki (1980 <i>apud</i> Souza, 1997).	Estabelece as características praias em três estágios morfodinâmicos (dissipativo, intermediário e reflexivo). Tal método aplica-se quando os dados de clima de ondas não estão disponíveis.	Ondas, correntes, morfologia e transporte de sedimento.

<ul style="list-style-type: none"> • Wright e Thom (1977, apud Short, 1999); • Wright e Short (1984); • Short (1984, 1991, 1999). 	Estabelece as características praias em seis estágios morfodinâmicos (1 dissipativo, 4 intermediários e 1 reflexivo).	Clima de onda, velocidade de decantação e parâmetro (morfológicos, granulométricos e energéticos) de Dean (Ω).
<ul style="list-style-type: none"> • Guza & Inman (1975). 	O parâmetro dimensionador do surfe (ϵ) é utilizado para distinguir os estágios morfodinâmicos praias.	Parâmetro (amplitude da onda, frequência angular da onda, aceleração da gravidade, e declividade do perfil praias) dimensionador do surfe (ϵ).
<ul style="list-style-type: none"> • Muehe (1998). 	A partir Wright e Short (1984) sugere um novo parâmetro.	Parâmetro Δ (ondas e declividade).

Dessa forma, podemos dizer que a morfologia é um dos parâmetros essenciais para classificação morfodinâmica praias tanto no contexto nacional quanto no contexto internacional. Por isso, a preocupação no tipo de método e equipamento adotado para obtenção de dados qualitativos, ou seja, precisos.

2.3. Estuários

2.3.1. Aspectos conceituais e classificações morfológicas

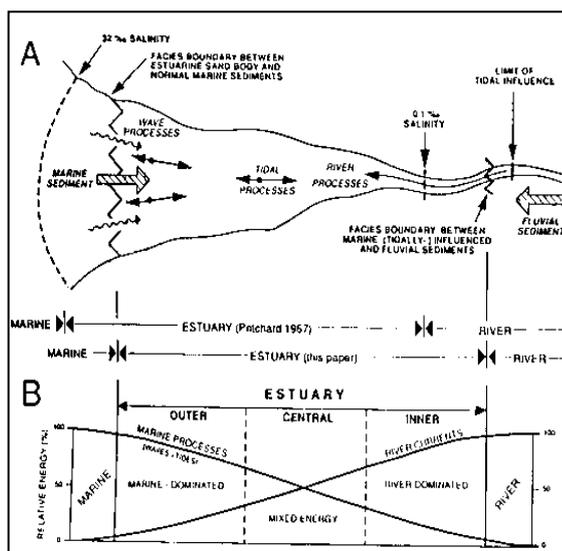
Os “estuários são corpos d’água costeira semifechado, com uma livre conexão com o oceano aberto, no interior a água do mar é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental” (PRITCHARD, 1955; CAMERON & PRITCHARD, 1963).

Define-se estuário como “a porção em direção ao mar, de um sistema de vales afogados na qual recebe sedimentos tanto de fontes marinhas quanto fluviais e, por conseguinte, contém fácies influenciada pela maré, por onda e por processos fluviais” (DALRYMPLE, et al. 1992). O próprio autor destaca que a maioria dos estuários podem ser divididos em zonas, tais como: zona interna, zona central e zona externa (Figura 2).

Conforme Silva et al. (2004) os:

Estuários são encontrados ao redor do globo em qualquer condição de clima de maré, sendo mais bem desenvolvidos nas planícies costeiras das médias latitudes, ao largo de plataformas continentais extensas que sofreram submersão em função da elevação relativa do nível do mar. A última transgressão marinha do Holoceno provocou a inundação dos vales fluviais, vales glaciais, fjordes, baías protegidas por barreiras arenosas, ou baías derivadas por eventos de subsidência tectônica, dando origem à maioria dos estuários atuais (SILVA et al., 2004).

Figura 2: Representação gráfica do estuário (A) e das zonas interna, central e externa (B).



Fonte: Dalrymple e colaboradores, 1992.

Os estuários podem ser classificados sob diversos aspectos, a saber: estratificação da salinidade (Stommel, 1953; Pritchard, 1955; Ippen & Halerman, 1961); estratificação-circulação (Pritchard, 1955; Simmons, 1955; Cameron & Pritchard, 1963; Hansen & Rattray, 1966; ecológico (Yáñez-Arancibia, 1987; Tommasi, 1979); processos costeiros, morfologia e geomorfologia (Davies, 1973; Hayes, 1975, Lassere, 1979; Silva et al., 2004; Pritchard, 1952 e Fairbridge, 1980). Sendo o último, o ponto de interesse e discussão desta tese.

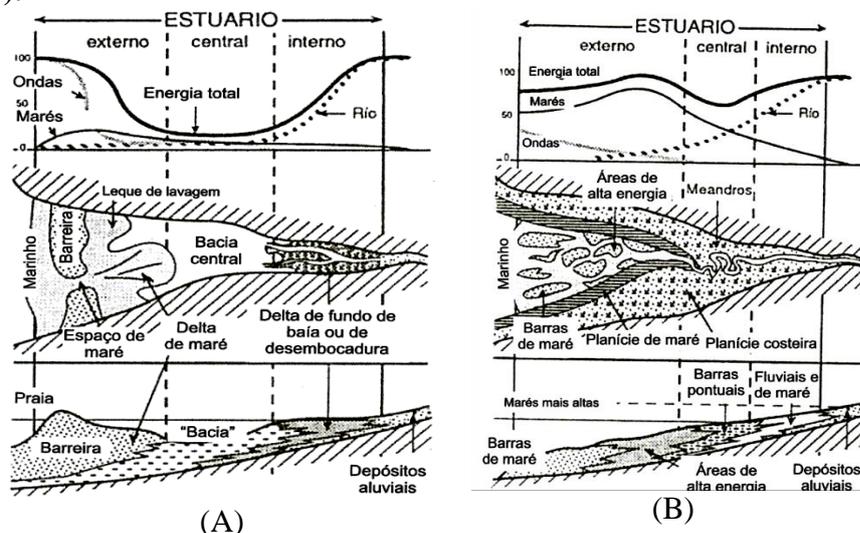
A partir das formas deposicionais distintas observadas na embocadura de canais estuarinos e lagunares ao longo de costas com as variações longitudinais na altura das marés foi proposto por Hayes (1975) uma classificação geomorfológica dos estuários. A metodologia teve como referência a classificação proposto por Davies (1973), que, com base na amplitude das marés determinou os limites como sendo: micromarés (0 - 2 m), mesomarés (2 - 4 m) e macromarés (>4m).

Na classificação de Hayes (1975), estuários de micro e meso marés estão associados a restingas e ocasionais canais de conexão entre o estuário ou laguna e o mar. Estuários largos, com ampla desembocadura e forma longitudinal em funil são característicos de regiões de macro marés. Conforme Silva (2011) apesar da classificação ter se tornado bastante popular, ela apresenta alguns problemas, tais como:

- A classificação é baseada na altura absoluta e não na altura relativa das marés (altura das ondas em função da altura da maré);
- Ela enfoca mais a configuração da embocadura do que a do próprio estuário;
- Combina morfologia da restinga com a morfologia do canal, e por isso se torna mais uma classificação de linha de costa;
- Aplica-se apenas a costas em submersão, onde a retrogradação da linha de costa é evidente.

Segundo Silva et al. (2004) os estuários também podem ser classificados como dominados por rios (a descarga e a carga sedimentar fluvial supera a capacidade das ondas e marés), ondas (normalmente ocorrem cordões ou pontais arenosos que se antepõem perpendicularmente à desembocadura) ou marés (não apresenta barreira em sua desembocadura, tendendo uma morfologia em forma de funil), de acordo com a influência destes fatores sobre a distribuição e deposição de sedimentos (Figura 3).

Figura 3: Configuração morfológica de um estuário dominado por onda (A) e dominado por maré (B).



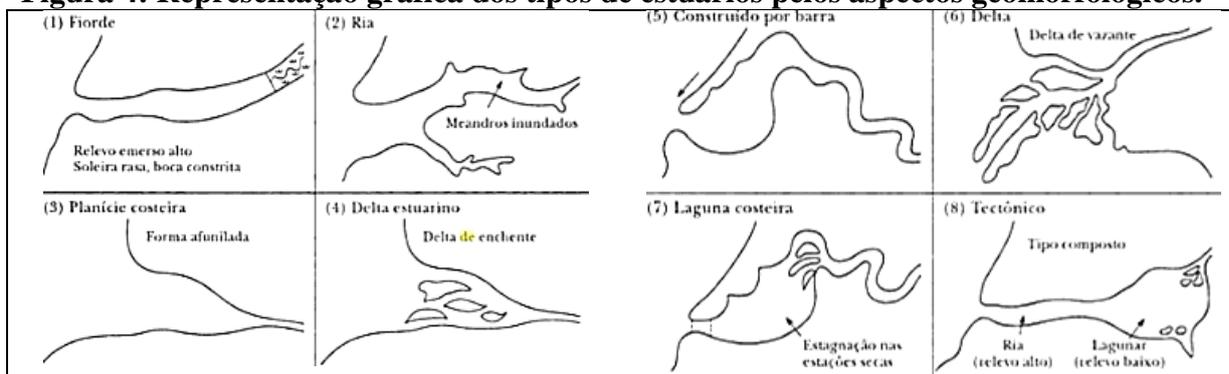
Fonte: Dalrymple et al., 1992.

A partir das características geomorfológicas, os estuários foram classificados em (PRITCHARD, 1952):

- **Planície costeira** (se formaram durante a transgressão do mar no Holoceno, cujo processo de inundação foi mais acentuado do que o de sedimentação);
- **Construído por barra** (se formaram durante a transgressão marinha com sedimentação recente na desembocadura ocasionou a formação de uma barra arenosa);
- **Fiorde** (se formaram durante o Pleistoceno e apresentam em geral fundo rochoso com processo de sedimentação recente, principalmente, na desembocadura);
- **Restantes** (estuários formados por falhas tectônicas, erupções vulcânicas, tremores e deslizamentos de terra).

Fairbridge (1980) classifica os estuários conforme os aspectos geomorfológicos (Figura 4).

Figura 4: Representação gráfica dos tipos de estuários pelos aspectos geomorfológicos.



Fonte: Fairbridge, 1980.

Os ambientes estuarinos representam o principal meio por meio dos quais os sedimentos são transportados do continente para a plataforma continental e exercem influência direta sobre a dinâmica costeira (DIAS, 2005).

A quantidade de sedimentos transportados pelos rios é de fundamental importância para o planejamento e aproveitamento dos recursos hídricos de uma região, uma vez que os danos causados pelos sedimentos dependem da quantidade e da sua natureza, as quais por sua vez dependem dos processos de erosão, transporte e deposição (PAIVA e PAIVA, 2003).

Ao longo de aproximadamente 8.500 km do litoral brasileiro, existem diversos estuários e lagunas costeiras que contribuíram para o desenvolvimento de cidades, tendo como consequência, modificações nos processos de sedimentação e de erosão e nas características, tais como: corrente de maré, descarga de água doce, qualidade da água e geometria, que foram alteradas por processos naturais e antrópicos, no decorrer dos séculos (MIRANDA, CASTRO E KJERFVE, 2002).

A evolução costeira é a associação da topografia e da hidrodinâmica, envolvendo o transporte sedimentar (WRIGHT & THOM, 1977). Procurar compreender a evolução morfodinâmica de desembocadura dos estuários é tentar obter uma série de dados (batimetria, hidrologia, hidrodinâmica, sedimentologia, ação eólica, ondas, marés, forma de uso e ocupação e a topografia) para entender o todo. Sendo, a Topografia e a Geodésia as ciências chaves de aplicação no estudo morfológico de desembocadura de sistemas estuarinos, e os ambientes confrontantes a ele (faixa de praia, barra arenosa e linha de costa).

2.4. Topografia

2.4.1. Aspectos conceituais, objetivos e divisões

A palavra topografia é oriunda do grego, etimologicamente *topos* significa lugar e *graphen* significa descrição (BORGES, 1992). Desse modo, pode-se definir topografia ao “pé da letra” como sendo a “descrição de um lugar”, lugar esse, correspondente a uma pequena porção da superfície física da terra.

A topografia é uma ciência aplicada, cujo objetivo é representar graficamente no papel, a configuração de uma porção do terreno com as benfeitorias que estão na sua superfície (BORGES op. cit). Trata da determinação das dimensões e contornos (ou características tridimensionais) da superfície física da Terra, através da medição de distâncias, direções e altitudes (MCCORMAC, 2007).

Em geral, é uma ciência que se baseia na geometria e na trigonometria, de âmbito restrito, pois é um capítulo da Geodésia, cujo objetivo é estudar o contorno, dimensão e a

posição relativa de uma porção limitada da superfície terrestre, sem levar em conta a curvatura resultante da esfericidade terrestre (ESPARTEL, 1980).

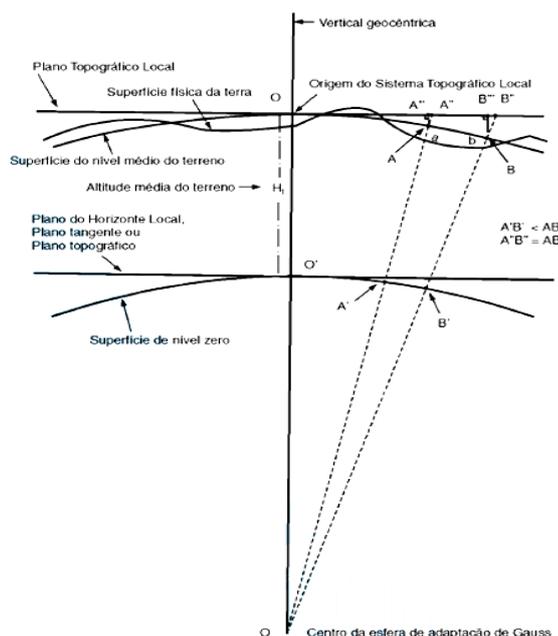
“As dimensões das áreas estudadas pela Topografia, não excedem o limite a partir do qual se deve considerar a curvatura da Terra. A partir desse limite, o mesmo estudo deixa de pertencer à Topografia, sendo transferido para o campo da Geodésia...” (PARADA, [1968?]).

Conforme a NBR 14.166/1998, o sistema topográfico local:

“Sistema de representação, em planta, das posições relativas de pontos de um levantamento topográfico com origem em um ponto de coordenadas geodésicas conhecidas, onde todos os ângulos e distâncias de sua determinação são representados, em verdadeira grandeza, sobre o plano tangente à superfície de referência (elipsóide de referência) do sistema geodésico adotado, na origem do sistema, no pressuposto de que haja, na área de abrangência do sistema, a coincidência da superfície de referência com a do plano tangente, sem que os erros, decorrentes da abstração da curvatura terrestre, ultrapassem os erros inerentes às operações topográficas de determinação dos pontos do levantamento...”

Dessa forma, o sistema topográfico local pode ser esquematizado conforme indicado na Figura 5:

Figura 5: Representação gráfica do sistema topográfico local.



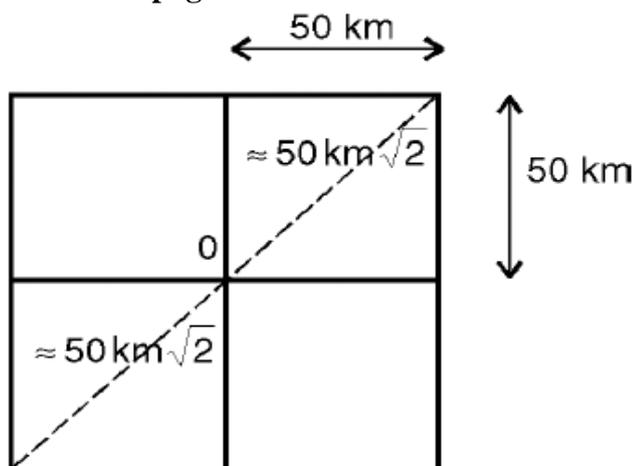
Fonte: NBR 14.166/1998.

Em que:

- **OA''** é a projeção ortogonal de OA sobre o Plano Topográfico Local;
- **OB''** é a projeção ortogonal de OB sobre o Plano Topográfico Local;
- **A''A''** é o erro devido à desconsideração da curvatura terrestre de OA;
- **B''B''** é o erro devido à desconsideração da curvatura terrestre de OB;
- **OA''** é a representação do arco OA sobre o Plano Topográfico Local;
- **OB''** é a representação do arco OB sobre o Plano Topográfico Local;
- **AB** é a projeção gnomônica ou central de uma distância (ab) medida no terreno, sobre a superfície do nível médio do terreno, correspondendo à distância horizontal entre “a” e “b”;
- **A'B'** é a projeção gnomônica ou central de AB sobre a superfície da esfera de adaptação de Gauss (superfície de nível zero);
- **A''B''** é a projeção (representação) em verdadeira grandeza de AB sobre o Plano Topográfico Local.

Além disso, a NBR 14.166/1998 destaca que a origem do Sistema Topográfico Local deve estar posicionada, geograficamente, de modo a que nenhuma coordenada plano-retangular, isenta do seu termo constante, tenha valor superior a 50 km (Figura 6).

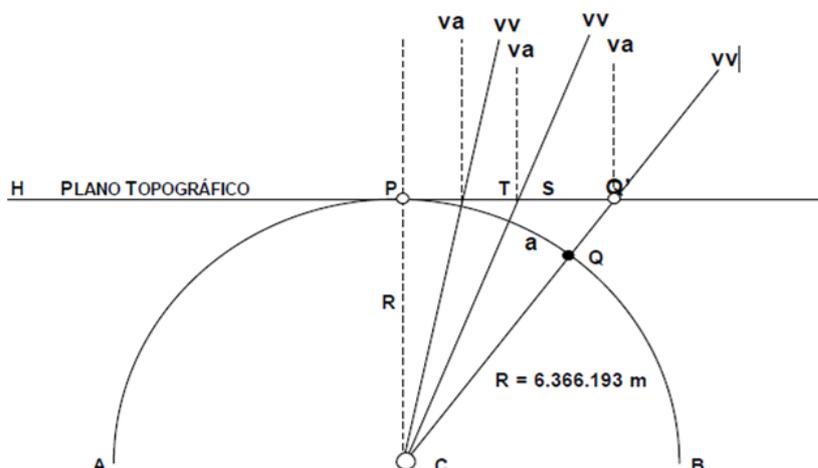
Figura 6: Origem do Sistema Topográfico Local e distância máxima a esta origem.



Fonte: NBR 14.166/1998.

A representação gráfica do limite topográfico do esferoide terrestre para o plano topográfico, pode ser exemplificada conforme a Figura 7 (DINIZ, 2004).

Figura 7: Representação gráfica do esferoide terrestre ao plano topográfico.



Fonte: Diniz (2004).

Em que:

- **APB** é o trecho do esferoide terrestre;
- **H** é o plano horizontal tangente do esferoide terrestre no ponto P, ou Plano Topográfico;
- **PC = R** é o raio médio da terra (média entre o raio equatorial e o raio polar). Para cálculos topográficos consideramos o valor $R = 6.366.193$ m (alguns autores usam o valor aproximado de 6.370 km).

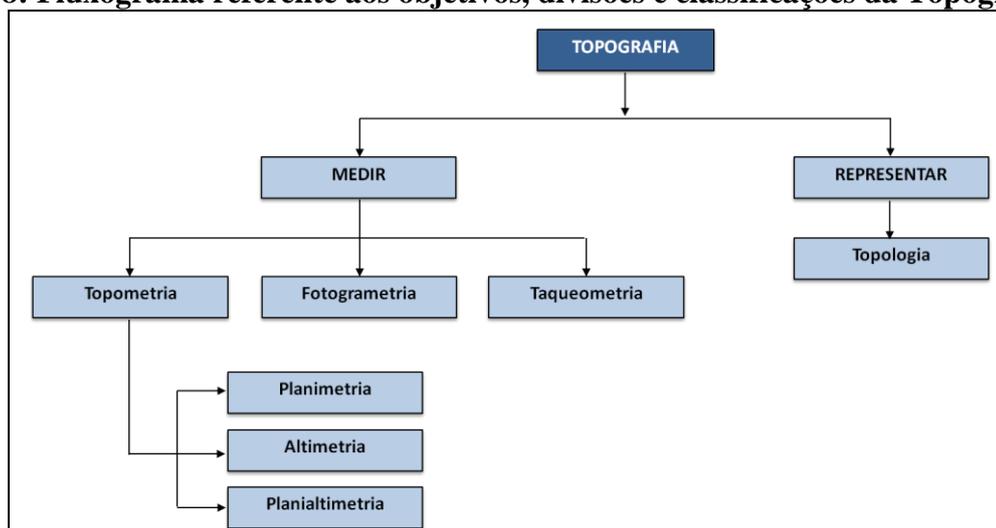
Se imaginarmos dois pontos localizados sobre o esferoide terrestre, pontos **P** e **Q**, e se levarmos em consideração a forma esférica da terra, a distância real entre eles seria o arco **PQ = a**. Quando substituímos a superfície esférica da terra pelo plano topográfico (**H**), o ponto **Q** é projetado em **Q'** sobre **H**. A distância entre os dois pontos passa a ser **PQ' = T**, medida no plano horizontal **H** (DINIZ, 2004).

Ratifica o autor op. cit. que sempre que medirmos a distância horizontal entre dois pontos, cometeremos um erro por substituímos o arco pela tangente (**t**). Esse erro pode ser calculado, e para **T = 50 km** o seu valor é aproximadamente **1 m**, valor considerado pequeno em função dos erros humanos e de aparelhagem. Podemos então, limitar o campo de ação da topografia a um círculo de 50 km de raio, dentro do qual o erro acima citado é considerado desprezível.

A topografia tem dois objetivos básicos: medir e representar. Segundo Garcia & Piedade (1989) a topografia é uma ciência que pode ser dividida em: Topometria, Topologia, Taqueometria e Fotogrametria. A Topometria preocupa-se em medir grandezas, ou seja, em estudar os processos clássicos de medições de distâncias, ângulos e desníveis, cujo objetivo é a determinação de posições relativas dos pontos topográficos (LOCH E CORDINI, 2000). Por sua vez, a Topometria se classifica em: Planimetria, Altimetria e Planialtimetria (Figura 8).

A Planimetria trabalha com grandezas lineares e angulares em um plano horizontal. Segundo Loch e Cordini (2000), a Planimetria estuda e estabelece os procedimentos e métodos de medida, no plano horizontal, de distâncias e ângulos, e a consequente determinação de coordenadas planas (X, Y) de pontos de interesse.

Figura 8: Fluxograma referente aos objetivos, divisões e classificações da Topografia.



Fonte: elaborada pela autora.

Enquanto que a altimetria trabalha com as grandezas lineares e angulares verticais em um plano que contém a vertical do lugar, definida pela direção de um fio de prumo. Conforme Comastri & Tuler (1987), a “Altimetria é a parte da Topografia que trata dos métodos e instrumentos empregados no estudo e representação do relevo do solo”.

E por fim, a planialtimetria que trabalha tanto com as medidas de grandezas lineares quanto as angulares. Portanto, a Planialtimetria é resultante da combinação das duas divisões descritas (Planimetria e Altimetria) que tem por finalidade a determinação simultânea da posição vertical e horizontal dos pontos.

A palavra Taqueometria é oriunda do grego, etimologicamente *takhys* significa rápido e *metren* significa medição. Portanto, a Taqueometria constitui um processo rápido que permite a medição indireta de distância horizontal e diferença de nível por meio de razões trigonométricas.

E por fim, a Topologia que tem por objetivo estudar as formas exteriores do terreno e das leis que regem o seu modelado, tendo como aplicação na Topografia a representação gráfica dos dados, por meio de perfil topográfico e/ou curvas de níveis (LOCH E CORDINI, 2000).

2.4.2. Tipos de levantamentos e métodos de obtenção de dados topográficos.

Segundo a NBR 13.133/1994 o levantamento topográfico consiste num:

“Conjunto de métodos e processos que, através de medições de ângulos horizontais e verticais, de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, com instrumental adequado à exatidão pretendida, primordialmente, implanta e materializa pontos de apoio no terreno, determinando suas coordenadas topográficas. A estes pontos se relacionam os pontos de detalhes visando à sua exata representação planimétrica numa escala predeterminada e à sua representação altimétrica por intermédio de curvas de nível, com equidistância também predeterminada e/ou pontos cotados.” (NBR 13.133/1994).

Os levantamentos topográficos podem ser divididos em: planimétrico, altimétrico ou planialtimétrico. Entende-se levantamento topográfico planimétrico de acordo com a NBR 13.133/1994, como sendo:

“Levantamento dos limites e confrontações de uma propriedade, pela determinação do seu perímetro, incluindo, quando houver, o alinhamento da via ou logradouro com o qual faça frente, bem como a sua orientação e a sua amarração a pontos materializados no terreno de uma rede de referência cadastral, ou, no caso de sua inexistência, a pontos notáveis e estáveis nas suas imediações...” (NBR 13.133/1994)

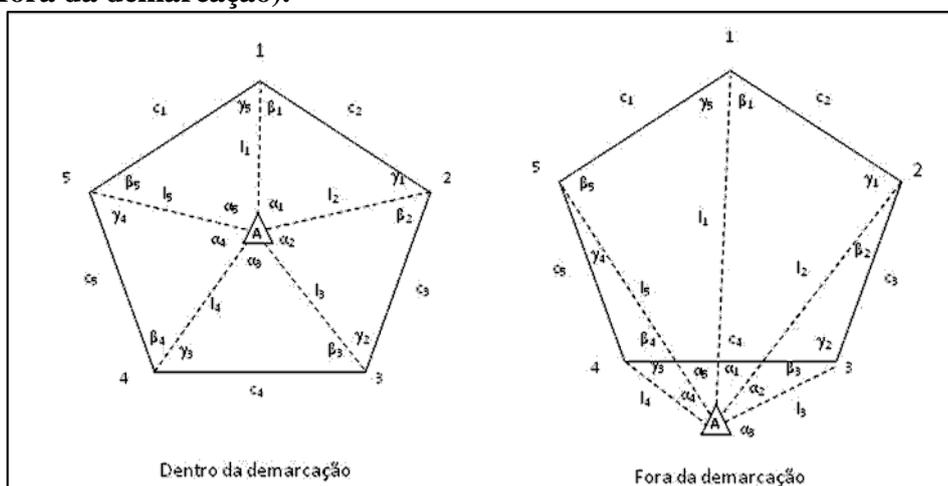
A obtenção de dados por levantamento topográfico planimétrico pode ser obtida por meio do método topográfico por irradiação, por intersecção ou por caminhamento. Tais tipos de métodos devem ser empregados obedecendo alguns critérios, como por exemplo: o tamanho da área, o relevo e a precisão.

“Dentre os diversos métodos topográficos, o das coordenadas retangulares e o das irradiações são os mais indicados para o levantamento dos detalhes, enquanto o método do caminhamento e o das intersecções servem ao levantamento do conjunto” (LOCH e CORDINI, 2000).

O método da irradiação também é conhecido por método da decomposição em triângulos ou das coordenadas polares (ESPARTEL, 1980). Ele pode ser empregado na avaliação de pequenas superfícies física da terra relativamente planas, que apresentam boa visibilidade entre os limites do terreno.

O método da irradiação consiste em demarcar o contorno da pequena porção da superfície física da terra a ser levantado, visando determinar estrategicamente a localização da estação “A” (dentro ou fora da superfície demarcada), e de onde possam ser avistados os pontos de interesse (Figura 9). O método consiste em decompor a área do terreno em diversos triângulos e, por meio de cálculos destes, obter às coordenadas dos vértices da poligonal (ESPARTEL, 1980; LOCH e CORDINI, 2000).

Figura 9: Representação gráfica do processo de irradiação (estação “A” localizada dentro e fora da demarcação).



.Fonte: elaborada pela autora.

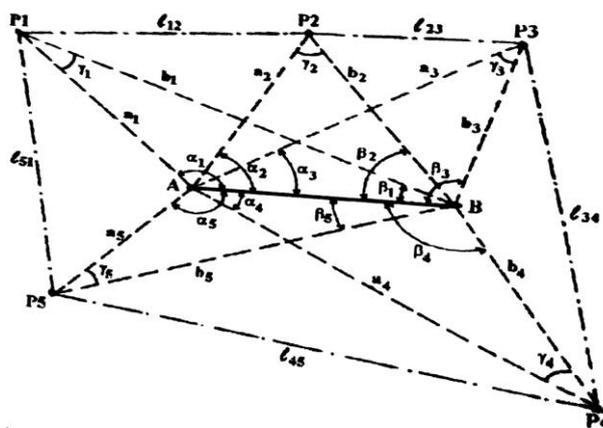
De acordo Espartel (1980) e Loch e Cordini (2000) medem-se de cada triângulo as distâncias horizontais dos lados e o ângulo horizontal por ele compreendido, isto é, os lados correspondem A-1, A-2, A-3, A-4 e A-5, e os ângulos α_1 , α_2 , α_3 , α_4 e α_5 o que deixa o polígono pouco exato. Após o levantamento dos dados são realizados ajustamento angular,

cálculo dos lados da poligonal, cálculo das projeções dos alinhamentos, cálculo das projeções naturais, ajustamento linear, coordenadas dos vértices e cálculo da área (LOCH e CORDINI, 2000).

Vale destacar que tal método é aplicado para levantamento de pequenas áreas, e que é possível, conferir os dados levantados por meio da soma dos ângulos em torno do ponto de origem que deverá dar 360° .

No método das intersecções conhecido também por coordenadas bipolares, os vértices da poligonal serão obtidos pela intersecção dos lados de ângulos horizontais medidos a partir das extremidades de uma base (central) implantada no terreno (LOCH e CORDINI, 2000). Da mesma forma que o método da irradiação, os vértices da poligonal devem ser visíveis a partir dos extremos da base (Figura 10). Tal processo é empregado para auxiliar no levantamento de vértices de inacessível e/ou muito distantes.

Figura 10: Representação gráfica do processo de intersecção.



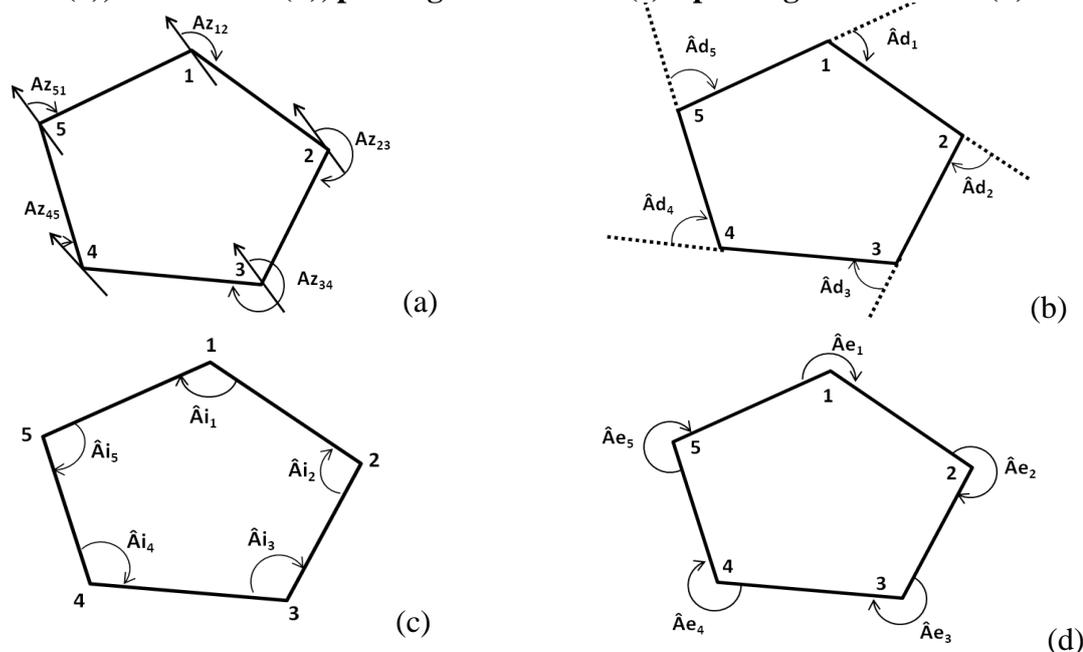
Fonte: Loch e Cordini (2000).

Uma vez demarcado o contorno da superfície a ser levantada, o método consiste em determinar dois pontos (A) e (B), dentro ou fora da superfície demarcada, e avistar todos os demais pontos que serão levantados. Na etapa de campo é realizada a medição do comprimento da base (A e B), e também as medições dos ângulos (α_i e β_i) e do azimute. Após o levantamento dos dados são realizados os cálculos dos ângulos α_i e β_i ; compensação angular; cálculo dos a_i e b_i ; cálculo das projeções e cálculo das coordenadas dos vértices (LOCH e CORDINI, 2000).

E por fim, o método por caminhamento que consiste em percorrer o contorno da poligonal medindo-se os ângulos e as distâncias dos lados ligados a estes (LOCH e CORDINI, 2000). Segundo McCormac (2007) o processo de medição linear e angular dos lados da poligonal pode ser chamado de poligonação.

O levantamento por caminhamento pode ser realizada por meio dos ângulos azimutes, de deflexão, internos ou externos (BORGES, 1992; LOCH & CODINI, 2000; MCCORMAC, 2007). O método é preciso, porém, trabalhoso. Pode ser aplicado em qualquer tipo e extensão de área da superfície física da terra. Na Figura 11, alguns exemplos de representações gráficas pelo método do caminhamento.

Figura 11: Representações gráficas pelo método do caminhamento por ângulos azimutais (a), de deflexão (b), por ângulos internos (c) e por ângulos externos (d).



Fonte: elaborada pela autora.

O método por caminhamento pode ser dividido em poligonal aberta, amarrada ou apoiada e fechada (BORGES, 1992; ESPARTEL, 1980; LOCH e CORDINI, 2000; MCCORMAC, 2007). Sendo os dois últimos, possíveis de verificação.

Após levantar os dados por meio do caminhamento por poligonal fechada é possível realizar: o cálculo e distribuição do erro de fechamento angular; o cálculo e ajustamento angular (critério da distribuição linear ou critério dos pesos); cálculo ou

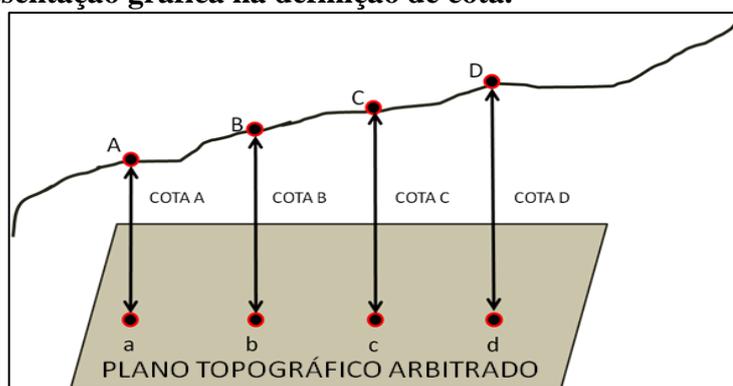
transporte dos azimutes; cálculo das projeções naturais ou das coordenadas parciais; cálculo e distribuição do erro de fechamento linear (BORGES, 1992; BREED, 1969; ESPARTEL, 1980; LOCH e CORDINI, 2000; MCCORMAC, 2007; PARADA, 1968?). Tal método possibilita verificar se o conjunto de medidas efetuadas está isento de erros e/ou dentro da tolerância exigida.

O outro tipo de levantamento topográfico é o altimétrico, conhecido também por nivelamento, que consiste na determinação das alturas relativas a uma superfície de referência, dos pontos de apoio e/ou dos pontos de detalhes, pressupondo-se o conhecimento de suas posições planimétricas, visando à representação altimétrica da superfície levantada (NBR 13.133/1994).

Segundo Comastri e Tuler (2003) a altimetria é parte da topografia que trata dos métodos e instrumentos empregados no estudo e na representação do relevo do solo cuja altura de um ponto é obtido pelo comprimento perpendicular baixada deste ponto sobre um plano horizontal qualquer, denominado superfície de comparação. Espartel (1980) define a altimetria como sendo a determinação das cotas ou distâncias verticais de um certo número de pontos projetados ao plano horizontal, visando a representação exata de sua forma.

A altimetria ou nivelamento consiste na determinação de cotas ou altitudes de pontos (RODRIGUES, 1979). A cota ou altura relativa (Figura 12) é a distância vertical medida ao longo de um ponto até um plano de referência qualquer (assumida como origem ou referência), ou seja, arbitrado (RODRIGUES, 1979; MCCORMAC, 2007; COMASTRI e TULER, 2003).

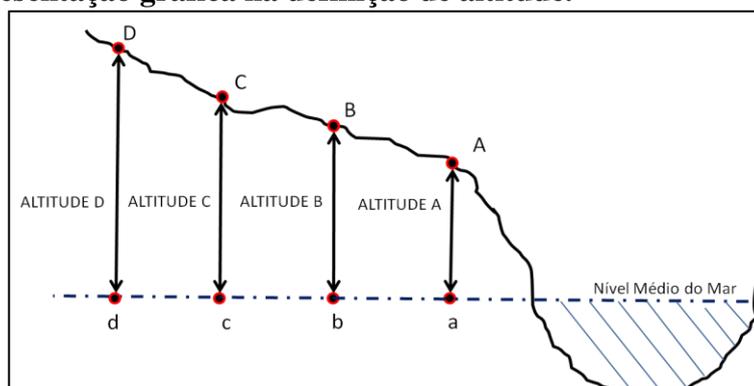
Figura 12: Representação gráfica na definição de cota.



Fonte: elaborada pela autora.

Entende-se altitude ou altura absoluta (Figura 13) como a distância vertical medida entre um ponto da superfície física da terra e a superfície de referência altimétrica, que no caso, é o nível médio dos mares prolongado nos continentes (RODRIGUES, 1979; MCCORMAC, 2007; COMASTRI e TULER, 2003).

Figura 13: Representação gráfica na definição de altitude.



Fonte: elaborada pela autora.

Em topografia, a obtenção de cotas ou altitudes de pontos recebe o nome de nivelamento ou altimetria. Dentre os tipos de nivelamentos em ordem crescente de precisão dos resultados, podemos citar: nivelamento barométrico; nivelamento estadimétrico; nivelamento trigonométrico e nivelamento geométrico.

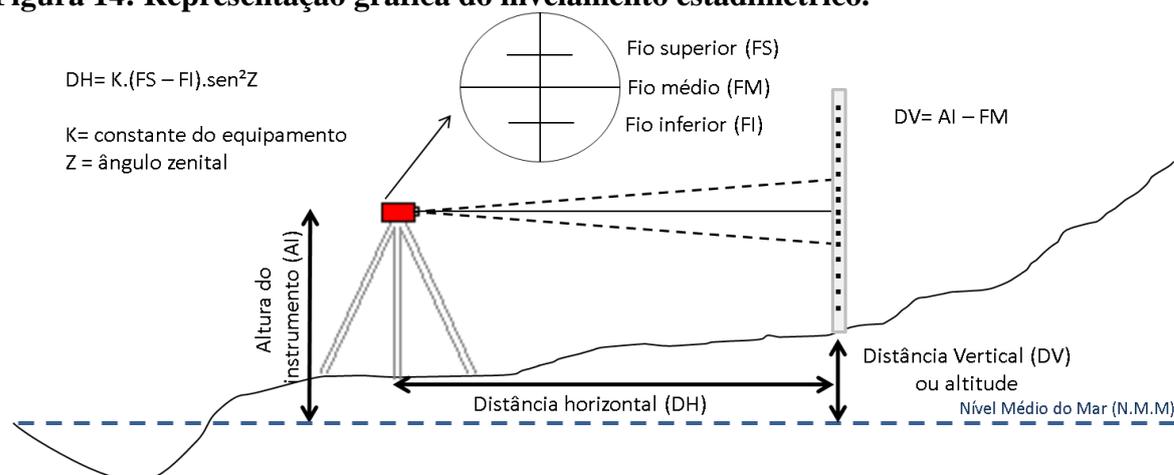
O nivelamento barométrico consiste no levantamento topográfico no qual as altitudes do terreno são mensuradas, de forma indireta, por meio da medição da pressão atmosférica (PARADA 1968?; MCCORMAC, 2007). Baseia-se na relação inversamente proporcional entre pressão atmosférica e altitude. Quanto maior for a altitude de um ponto, menor será a pressão atmosférica. Através das variações de pressão, é possível determinar as variações de altitude. É considerado um levantamento altimétrico expedito, ou seja, baixa precisão.

A NBR 13.133/1994 define nivelamento estadimétrico como sendo:

Nivelamento trigonométrico em que as distâncias são obtidas taqueometricamente e a altura do sinal visado é obtida pela visada do fio médio do retículo da luneta do teodolito sobre uma mira colocada verticalmente no ponto cuja diferença de nível em relação à estação do teodolito é objeto de determinação (NBR 13.133/1994).

O nivelamento estadimétrico, conhecido também por taqueometria, é definido como um processo de medida indireta para obter as distâncias horizontais e verticais dos pontos a partir da leitura dos fios estadimétricos (Figura 14). Segundo Parada (1968?) a diferença das leituras do fio superior e inferior, permite calcular a distância horizontal. Tal método não tem elevada precisão e, é aplicado em terrenos demasiadamente íngremes e de difícil acesso.

Figura 14: Representação gráfica do nivelamento estadimétrico.



Fonte: elaborada pela autora.

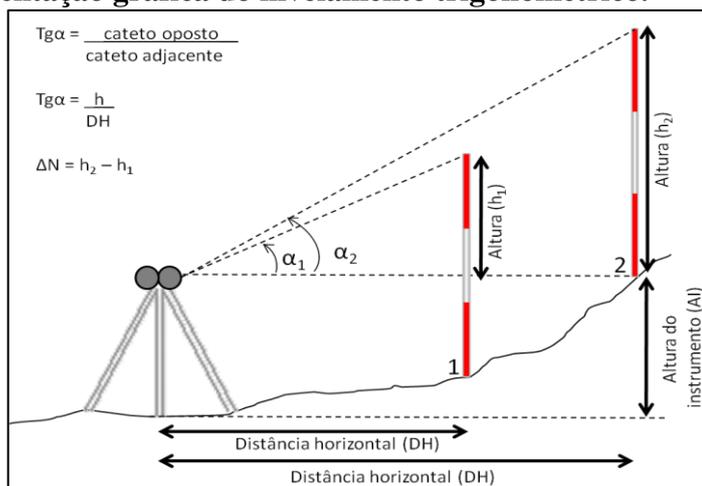
O nivelamento trigonométrico de acordo com a NBR 13.133/1994 consiste em:

...realizar a medição da diferença de nível entre pontos do terreno, indiretamente, a partir da determinação do ângulo vertical da direção que os une e da distância entre estes, fundamentando-se na relação trigonométrica entre o ângulo e a distância medidos, levando em consideração a altura do centro do limbo vertical do teodolito ao terreno e a altura sobre o terreno do sinal visado.

Mccormac (2007) define nivelamento trigonométrico como sendo o método que obtêm as medidas de distâncias e ângulos por meio da trigonometria (Figura 15). Entende-se também, como sendo a diferença de nível entre dois ou mais pontos topográficos determinado por meio de resoluções de triângulos situados em planos verticais, que passam pelos pontos cuja diferença de nível se deseja (COMASTRI E TULER, 2003). Tal método é aplicado em pontos de difícil acesso e tem um pouco mais de precisão em relação o nivelamento barométrico.

E por fim, o nivelamento geométrico que consiste na aferição de diferenças de nível entre dois ou mais pontos topográficos. Tal aferição se dá por meio de leituras correspondentes a visadas horizontais, as quais são obtidas pelo aparelho denominado nível, em miras dispostas verticalmente (ortogonais ao terreno) nos referidos pontos (NBR 13.133/1994).

Figura 15: Representação gráfica do nivelamento trigonométrico.

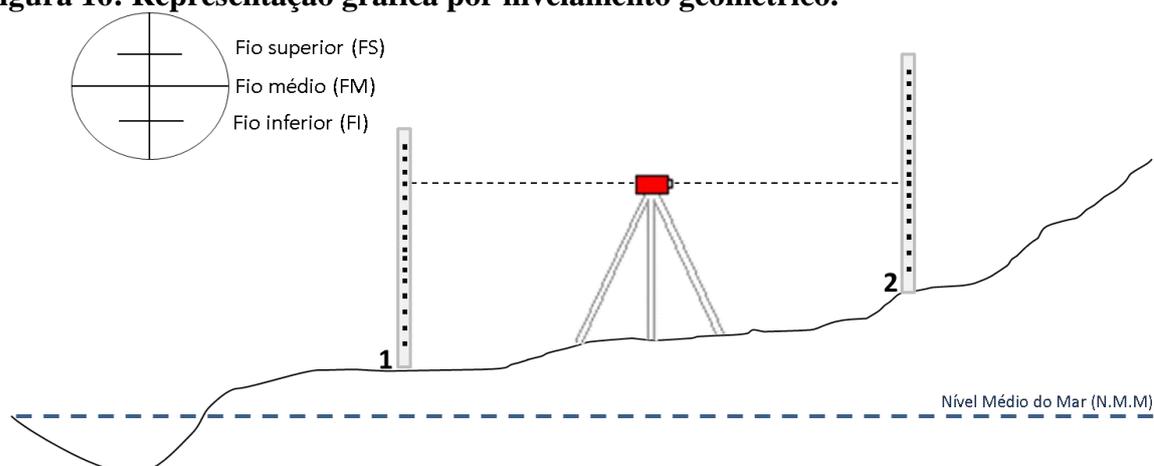


Fonte: elaborada pela autora.

Comastri e Tuller (2003) ratifica que o nivelamento geométrico, também é denominado direto, cujas diferenças de nível são determinadas com o emprego de instrumentos que fornecem retas do plano horizontal. Os autores ratificam que conforme o equipamento utilizado, o levantamento pode ser classificado em nivelamento de precisão, de média precisão ou de alta precisão.

Sabemos que o nivelamento geométrico pode ser simples ou composto. O primeiro é aquele que, de uma única posição do aparelho, no terreno, consegue obter as diferenças de nível entre todos os pontos topográficos (COMASTRI e TULER, 2003), ou seja, os pontos levantados foram visados de uma única estação (Figura 16).

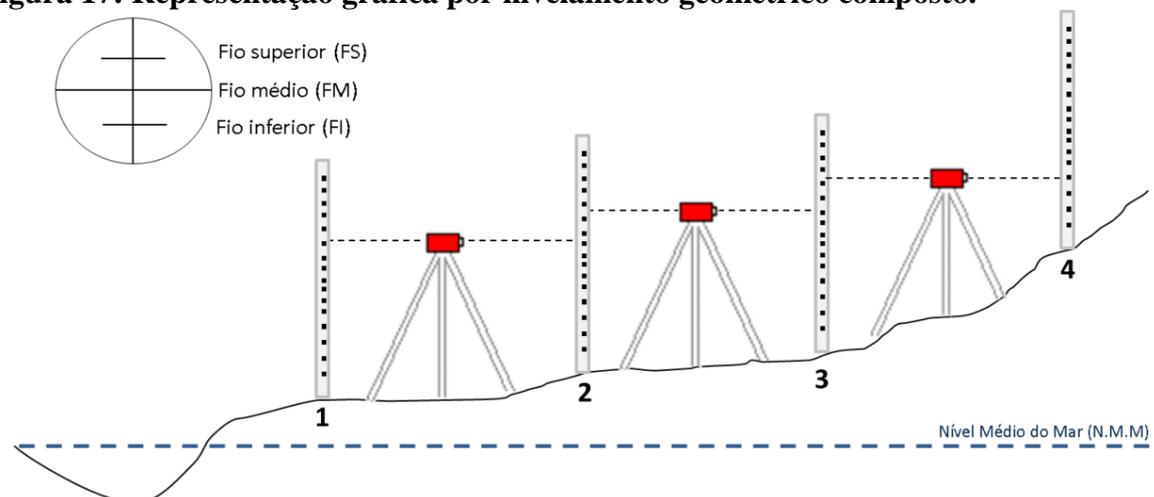
Figura 16: Representação gráfica por nivelamento geométrico.



Fonte: elaborada pela autora.

Parada (1968?) define nivelamento geométrico composto fechado, como sendo o método aplicado na altimetria para determinar as altitudes ou cotas de uma série de pontos, cujas diferenças de nível, por algum motivo, não podem ser determinados por meio do nivelamento geométrico simples (Figura 17).

Figura 17: Representação gráfica por nivelamento geométrico composto.

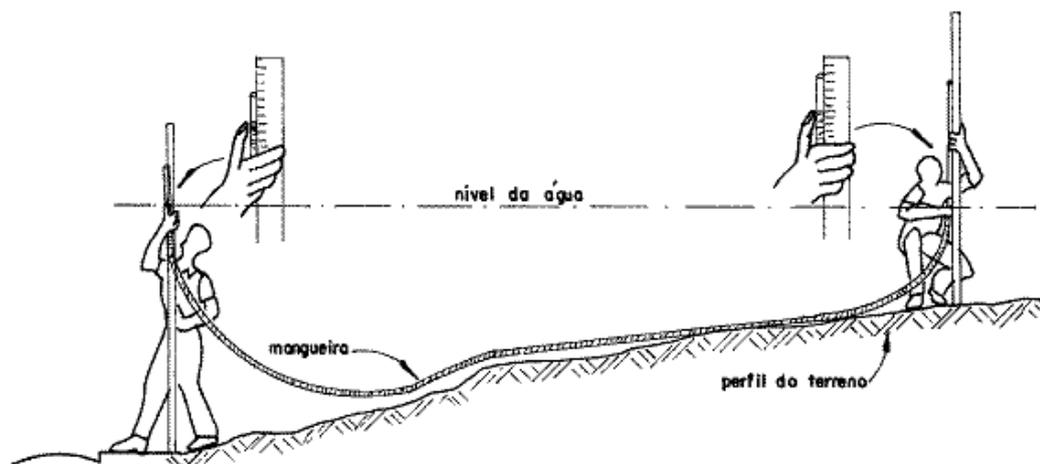


Fonte: elaborada pela autora.

O próprio autor destaca que o nivelamento fechado é uma combinação de uma sucessão de nivelamentos simples, interligados por um ponto, chamado ponto de mudança ou auxiliar de mudança. Comastri e Tuler (2003) ratifica também que o nivelamento geométrico fechado consiste numa sucessão de nivelamentos geométricos simples, devidamente amarrados uns aos outros, pelas chamadas estacas de mudanças.

Também é possível realizar o levantamento altimétrico por nivelamento hidrostático, fundamentando-se no princípio dos vasos comunicantes (Figura 18). A mangueira deve ter pequeno diâmetro, parede espessa para evitar dobras e ser transparente. A água deve ser colocada lentamente para evitar a formação de bolhas, e possíveis, erros nas medições.

Figura 18: Representação gráfica por nivelamento hidrostático.



Fonte: <http://construcaociviltips.blogspot.com.br/2011/07/nivelamento-nivel-de-mangueira.html>

Primeiramente, posicionamos as miras topográficas, juntamente, com as extremidades da mangueira nos pontos a serem levantados. Para evitar erro a mangueira não pode ter dobras e/ou bolhas no seu interior. Para facilitar e agilizar a medição da grandeza linear, podemos determinar o nível d'água em uma determinada altura nomeada de "h" em uma das miras topográficas, que será descontada na medida encontrada na segunda mira.

E o outro tipo de levantamento topográfico é o planialtimétrico, que segundo a NBR 13.133/1994 consiste do levantamento topográfico planimétrico acrescido da determinação altimétrica do relevo do terreno e da drenagem natural.

2.4.3. Erros topográficos

“Nenhuma medida é exata... toda medida contém erro”. De todo modo, aplicar a topografia em qualquer área de conhecimento é saber que é impossível medir com perfeição, ou seja, *“medir é errar”*.

Conforme McCormac (2007) o “princípio fundamental da topografia é que nenhuma medida é exata e que o valor verdadeiro da quantidade nunca é conhecido (valores exatos ou verdadeiros podem existir, mas ele nunca podem ser determinados)”. Ratifica Borges (1992) que toda atividade prática contém erro, e que a Topografia não é exceção.

Realizar medições precisas e exatas na Topografia é uma necessidade para que os erros cometidos sejam aceitáveis nas diversas áreas de conhecimentos (Biologia, Ciências Ambientais, Engenharias, Geografia, Geologia, Oceanografia e outras). Conforme McCormac (2007) as palavras precisão e exatidão são utilizadas na topografia, porém, seus significados são difíceis de compreensão.

Conforme a NBR 13133/1994, “Exatidão é o grau de aderência das observações em relação ao seu valor verdadeiro...” e “Precisão é o valor que expressa o grau de aderência das observações entre si.” A precisão corresponde ao grau de refinamento com que uma dada quantidade é medida, enquanto, a exatidão refere-se à perfeição obtida nas medições (MCCORMAC, 2007). Na Figura 19 podemos visualizar a distinção do significado das palavras de precisão e exatidão na representação gráfica.

Figura 19: Representação gráfica da distinção de precisão e exatidão.



Fonte: Adaptado de McCormac (2007).

Para que as medições tenham precisão e exatidão são necessárias minimizar os erros, e isso, só é possível, quando estamos familiarizado com as fontes e classificações de erros. Rodrigues (1979) define erro como sendo “a diferença entre o valor determinado e o valor real”.

De acordo com McCormac (2007) existem três fontes de erros: operacionais, instrumentais e naturais. O primeiro é oriundo por falha humana, como a falta de atenção ao executar a medição. O segundo é causado por problemas como a imperfeição na fabricação de equipamento ou ajuste do mesmo, ou até mesmo, o desgaste natural do instrumento. Tal erro pode ser reduzido adotando técnicas de verificação/retificação, calibração e classificação. E o último, é decorrente das variações ambientais como: vento, temperatura, umidade, variações magnéticas.

Segundo Rodrigues (1979) e McCormac (2007) os erros podem ser classificados em: grosseiros, sistemáticos (ou cumulativos) e acidentais (ou aleatório). O primeiro autor diz que o erro grosseiro é oriundo do descuido, displicência ou incompetência do observador. Já o segundo autor define como sendo uma diferença de um valor verdadeiro causado pela desatenção do topógrafo. Portanto, vai do observador tomar os devidos cuidados para evitar a sua ocorrência ou detectar a sua presença.

Os erros sistemáticos, também conhecido como cumulativos, são erros cuja magnitude e sinal algébrico podem ser conhecidos e determinados, ou seja, podem ser evitados ou corrigidos. Portanto, é o erro que, sob condições constantes, permanece o mesmo tanto em sinal como em magnitude (MCCORMAC, 2007). Exemplo típico, é a correção do efeito de dilatação de uma trena em função da temperatura (Equação 1).

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta \theta \tag{1}$$

Temos que:

ΔL = dilatação térmica linear

L = comprimento medido;

α = coeficiente de dilatação linear;

$\Delta \theta$ = variação da temperatura ($\theta_{f(\text{med})} - \theta_{0(\text{afer})}$)

E por fim, temos os erros acidentais, denominados também como erros aleatórios, são aqueles que permanecem após os erros grosseiros e sistemáticos terem sido eliminados. Tal erro é minimizado quando o número de observações é grande.

2.4.3.1. Erros nas medições de distâncias

Em Topografia, a distância medida entre dois pontos é entendida como distância horizontal (BREED, 1969; MCCORMAC, 2007). Entende-se distância entre dois pontos, como sendo o comprimento do segmento de reta compreendido entre duas projeções horizontais (RODRIGUES, 1979).

A determinação das distâncias são agrupadas em duas categorias: os de medidas diretas e os de medidas indiretas (LOCH E CORDINI, 2000; RODRIGUES, 1979). O primeiro se aplica diretamente sobre o terreno um instrumento que permita medir as distâncias, e o segundo, aplica trigonometria para obter a distância. Portanto, “a escolha do método de medição vai ser em função, essencialmente, das características do relevo do terreno e da precisão requerida para o levantamento.”

Os principais erros grosseiros decorrentes em medições de distâncias com trenas são a leitura errada da trena, anotações dos números, perda de um comprimento de trena, erro do ponto de extremidade da trena e cometendo erro de 1 cm (MCCORMAC, 2007).

Destacam Loch e Cordini (2000) e McCormac (2007) os tipos de erros comuns nas medições de distâncias com trenas, são as seguintes:

- **Horizontalidade:** caso a trena não seja mantida na horizontalidade, a distância medida será sempre maior que a horizontal, ou seja, é sempre positivo. Tal erro é acumulativo, principalmente, em locais inclinados;
- **Dilatação:** o comprimento original será afetado, conforme for maior ou menor a variação de temperatura observada em relação à calibração, resultando distâncias maiores ou menores. É considerado um erro acumulativo para um único dia;
- **Catenária:** é um erro que ocorre quando a trena for segurada pelas extremidades, originando uma curvatura ao invés de uma reta. A distância horizontal entre suas extremidades é menor que a distância horizontal medida, ocasiona um erro de sinal positivo;
- **Elasticidade ou tensão normal:** ocorre quando a trena é tracionada fortemente, ocasionando deformações e acréscimos no comprimento devido à tensão. Ocasiona

um erro de sinal negativo, pois os comprimentos medidos resultam em valores maiores;

- Padronização: uso contínuo de trena ocasiona deformações que causam o seu alongamento.

Outro importante equipamento de medida a ser citado, são os Medidores Eletrônicos de Distâncias (MEDs), o que resulta numa redução de erros grosseiros pois, mostra automaticamente o valor medido (MCCORMAC, 2007). Mas também, estão sujeitos a erros operacionais (erros de centragem), naturais (condições atmosféricas) e instrumentais ou sistemáticos (ajustes e retificações).

2.4.3.2. Erros nas medições angulares.

Os erros nas medições de ângulos também podem ser divididos em: grosseiros, instrumentais e naturais. De acordo com Loch e Cordini (2000) e McCormac (2007) as principais fontes de erros de medições de grandezas angulares são decorrentes:

- Verificação e retificação do equipamento (verticalidade do eixo principal, horizontalidade do eixo ótico; horizontalidade do eixo secundário; ajuste do nível de bolha e perpendicularismo entre o eixo de colimação e de rotação)
- Erro de estacionamento (instalação instável do tripé e calagem imperfeita);
- Erro de excentricidade;
- Erro de visada ou pontaria;
- Focagem imprópria da luneta (paralaxe);
- Condições de tempo (temperatura, pressão, vento e umidade);
- Refração horizontal;
- Refração vertical;
- Registro errado dos valores medidos.

É importante destacar que, a partir do momento que conhecemos as fontes de erros, em medições de grandezas tanto lineares quanto angulares, é possível minimizar e/ou realizar correções a partir de aplicações matemáticas e estatísticas.

2.5. Sistema Global de Navegação por Satélites (GNSS)

2.5.1. Aspectos conceituais, segmentos, métodos de posicionamento e erros

O Sistema de Posicionamento Global (GPS), o Sistema Orbital Global de Navegação por Satélite (GLONASS) e o Sistema Galileo são exemplos de sistemas de navegação desenvolvidos pelos Estados Unidos, União Soviética e União Européia, respectivamente, para determinar a posição de um ponto qualquer na superfície terrestre, por meio do sistema cartesiano trimendimensional. Segundo Monico (2008) tais sistemas, também, são chamados de Sistema Global de Navegação por Satélites (GNSS). Portanto, o conceito de GNSS é empregado para todas as redes de satélites.

O GPS “tem-se tornado uma tecnologia extremamente útil e inovadora para uma série de atividades que necessita de posicionamento” (MONICO, 2008). Conforme McComarc (2007) tal “sistema pode tornar-se a maior ferramenta de levantamento geodésico já desenvolvida”.

Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a Geodésia é a ciência que se ocupa na determinação rigorosa da forma, das dimensões e do campo de gravidade da Terra. Ratificam Gemael e Andrade (2004) que “a chamada Geodésia Geométrica, por meio da medida de ângulos e distâncias, propicia as coordenadas elipsóidicas (latitude ϕ e longitude λ), que definem a projeção normal P’ de um ponto P da superfície física sobre o modelo de referência”.

Além disso, os autores citados destacam que “o conhecimento das coordenadas astronômicas (ϕ_a, λ_a) do mesmo ponto P’ permite chegar às componentes principais do desvio vertical”, ou seja, o “nivelamento geométrico associado à gravimetria... conduz a uma aproximação da altitude ortométrica...”.

Portanto, “o que diferencia os levantamentos geodésicos dos levantamentos topográficos é o plano de referência. A topografia usa a superfície plana como referencial enquanto a Geodésia utiliza o elipsóide de revolução” (SANTOS, 2011). O autor destaca que

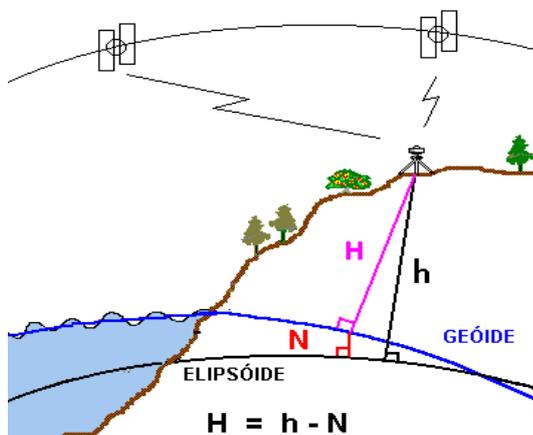
o “uso de satélites artificiais predomina na Geodésia por ser o meio mais rápido e preciso na obtenção de coordenadas”.

De acordo com o relatório do IBGE (2008):

“A localização de um ponto no sistema de coordenadas geodésicas pelo GPS é caracterizada por duas componentes: planimétrica e altimétrica. A componente planimétrica é representada pela latitude e longitude, enquanto que a componente altimétrica é representada pela altitude. Ambas são referidas ao elipsóide de revolução adotado como referência”.

A superfície de referência altimétrica dos receptores GNSS é referida a superfície do elipsoide, conhecido por altitude elipsoidal (h) ou altitude geométrica. Entretanto, a superfície de referência altimétrica adotada no território brasileiro é o geóide (referida ao nível médio dos mares sem perturbações), denominada de altitude ortométrica (H). Entende-se a altitude ortométrica como a distância vertical de um ponto da superfície física da terra até o geóide (Figura 20).

Figura 20: Representação gráfica das superfícies de referências das altitudes.



Fonte: Relatório do IBGE (2008).

As altitudes geométrica (ou elipsoidal) e ortométrica estão relacionadas através da ondulação geoidal, denominada também de altura geoidal (N). Portanto, para converter a altitude elipsoidal em altitude ortométrica aplica-se a Equação 2:

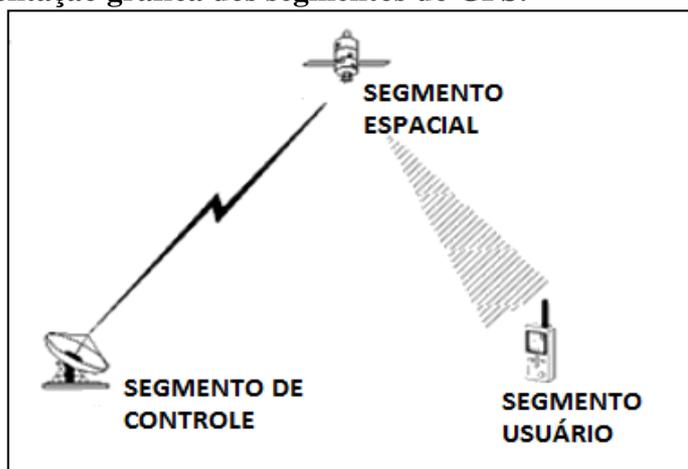
$$\mathbf{H = h - N} \quad (2)$$

Sendo que:

- H = Altitude ortométrica;
- h = Altitude elipsoidal ou geométrica;
- N = Ondulação ou altura geoidal

De um modo geral, entende-se Sistema de Posicionamento Global (GPS) como sendo um sistema de radionavegação desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos – DOD, permitindo ao usuário, em qualquer local da superfície da terra, ou próximo dela, tenha à disponibilidade de no mínimo quatro satélites para ser rastreado (MONICO, 2008). O autor destaca também que o GPS pode ser usado sob quaisquer condições climáticas. O GPS consiste basicamente de três segmentos distintos (Figura 21).

Figura 21: Representação gráfica dos segmentos do GPS.

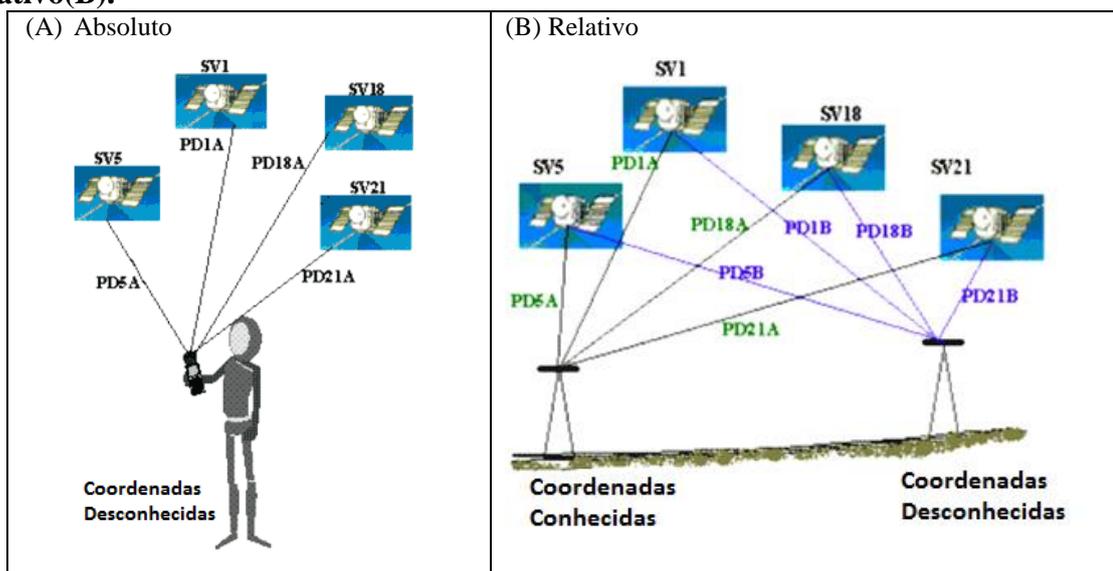


Fonte: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172011000200014&script=sci_arttext.

- **Segmento Espacial**, responsável pela execução do projeto: lançamento dos satélites, geração dos sinais, entre outros;
- **Segmento de Controle ou Terrestre** que faz o monitoramento dos satélites efetuando os cálculos orbitais gerando as efemérides irradiadas e suas correções que serão transmitidas aos satélites, ou seja, geram os códigos C/A, P e D;
- **Segmento do Usuário** compreendendo os equipamentos receptores e o processamento das informações de modo a satisfazer as necessidades do posicionamento para todos os tipos de aplicações.

Existem dois tipos de métodos utilizados para localização de pontos com o uso do GPS, são eles (MCCORMAC, 2007): o posicionamento por ponto ou absoluto e o posicionamento diferencial ou relativo (Figura 22). Ratifica Loch e Cordini (2000) que o primeiro caracteriza-se por utilizar um único receptor para a coleta de dados, e o segundo, por usar dois ou mais receptores num levantamento.

Figura 22: Representação gráfica do posicionamento absoluto (A) e do posicionamento relativo(B).



Fonte: <http://mundogeo.com/blog/2005/09/29/gnss-na-navegacao-maritima/>.

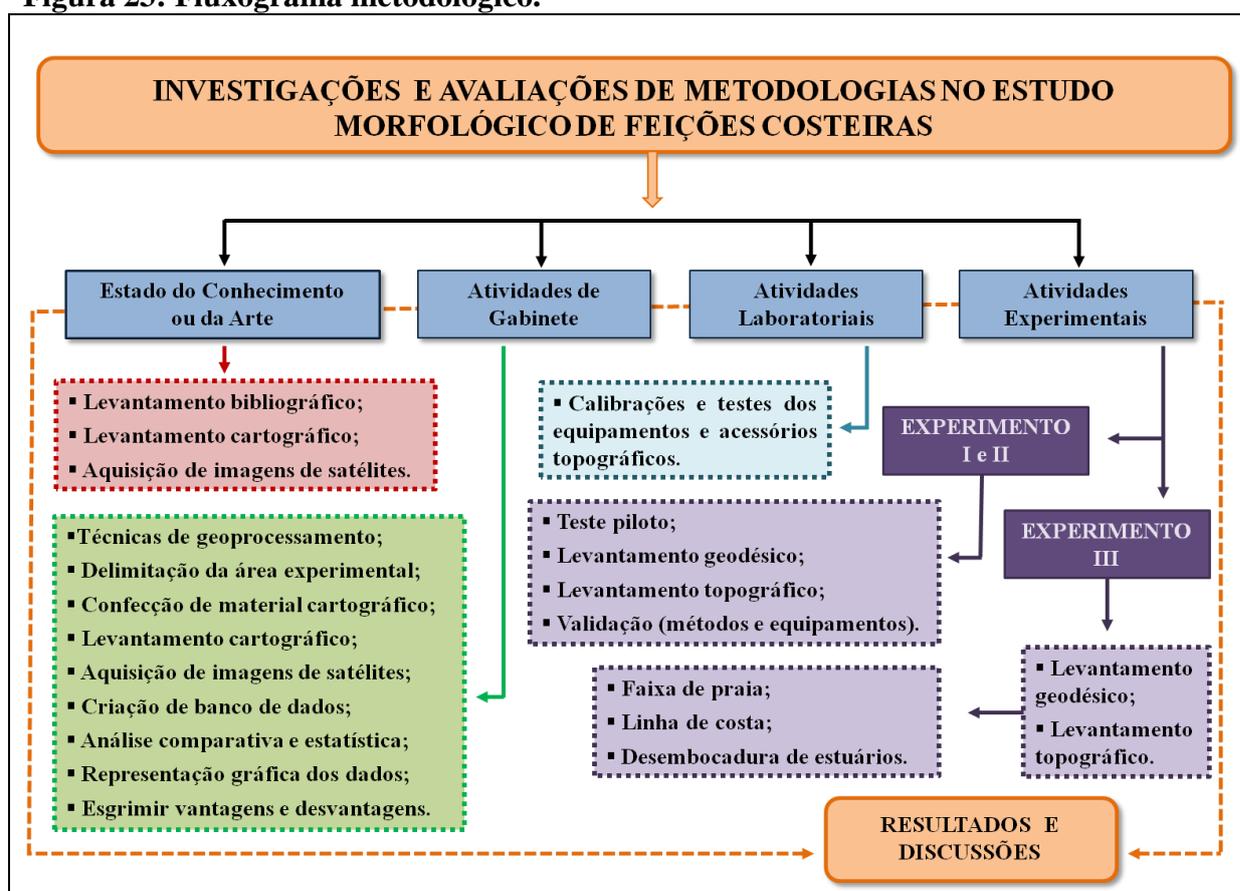
O método de posicionamento absoluto ocorre quando o receptor é posicionado em um local cuja posição é desejada, a exatidão pode variar de pouco centímetros a 20 metros, ou mais (MCCORMAC, op. cit.). O método de relativo são utilizados dois receptores simultaneamente para receber o sinal dos satélites, um permanece estacionado em cima de um ponto de coordenadas conhecidas, enquanto o outro é posto no ponto cuja posição é desejada.

É importante salientar, que também existem, diversos tipos de erros associados ao levantamento com receptor GPS, tais como: erro de refração atmosférica, erro de multicaminhamento, erro dos satélites, erro dos receptores, erro de instalação e erro de disponibilidade seletiva (MCCORMAC, op. cit.).

3. METODOLOGIA

A metodologia encontra-se dividida em quatro etapas: estado do conhecimento ou da arte; atividades de gabinete; atividades laboratoriais e atividades experimentais. O fluxograma metodológico sintetiza os procedimentos que foram seguidos para almejar os objetivos (Figura 23).

Figura 23: Fluxograma metodológico.



Fonte: elaborada pela autora.

3.1. Estado do Conhecimento ou da Arte

Para os estudos preliminares desta pesquisa foram realizados levantamentos de informações bibliográficas no contexto local, nacional e internacional, para construção e discussão teórica. Além disso, foram feitas visitas em bibliotecas setoriais de diversas instituições de ensino superior e órgãos federais, estaduais e municipais para coleta de dados e/ou informações referentes ao tema de estudo proposto. E também, pesquisas on-line de

artigos, monografias, dissertações e teses disponibilizadas por instituições de ensino superior (públicas e privadas).

Igualmente, foram consideradas as literaturas de Davies (1964), Hayes (1975), Lassere (1979) e Silva et al. (2004) que tratam dos processos costeiros e morfologia dos estuários; Pritchard (1952) e Fairbridge (1980) que discutem os aspectos geomorfológicos de estuários. Parada [1968?], Breed (1969), Rodrigues (1979), Espartel (1980), Paredes (1986), Cormastri & Tuler (1987), Garcia & Piedade (1989), Doubek (1989), Borges (1992), NBR 13.133 (1994), Loch e Cordini (1995), NBR 14.166 (1998), Diniz (2004) e McCormac (2007) que discutem as metodologias aplicadas no estudo da Topografia; Gemael e Andrade (2004), Loch e Cordini (1995), McCormac (2007), Monico (2008) que apresentam os métodos de posicionamento por Sistema de Posicionamento Global (GPS).

Em linhas gerais, as literaturas citadas acima foram analisadas e aplicadas nas atividades experimentais para avaliar a precisão dos dados obtidos por levantamentos topográfico e geodésico no estudo morfológico de feições costeiras em grande escala.

3.2. Atividades de Gabinete

Nesta etapa foi possível a partir da imagem orbital do tipo *Quick Bird*, datada de 2012, aplicar técnicas de geoprocessamento para conhecer o arranjo espacial, e dessa forma, obter dados básicos do local de realização das atividades experimentais, como por exemplo, o acesso ao local, distâncias, coordenadas e determinação dos pontos de mensuração.

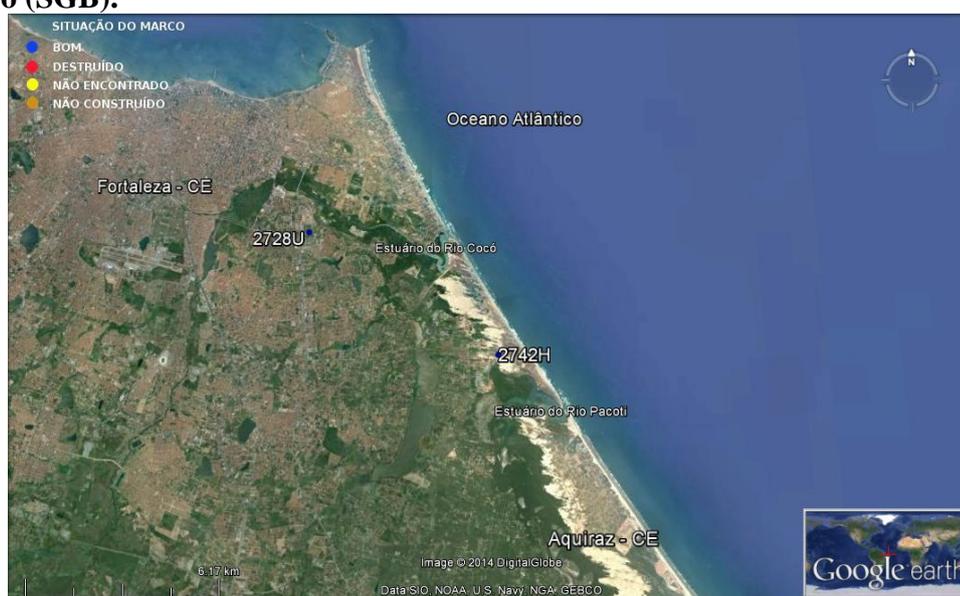
O conhecimento espacial foi obtida a partir da imagem do sensor multiespectral *QuickBird* com resolução de 60 centímetros, disponibilizado gratuitamente por meio do programa *Google Earth*. A imagem foi exportada, georeferenciada e processada no programa *ArcView GIS 10*.

Para o planejamento das atividades experimentais foram realizados os *downloads* das redes altimétricas e planimétricas do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), disponíveis no *site* do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE), na extensão **.kmz* para

visualização espacial das redes no programa *Google Earth* e acesso aos relatórios das estações. Além disso, também foi realizado o *download* da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) dos Sistemas de Navegação Global por Satélite (GNSS) em tempo real.

Para as atividades experimentais foram utilizadas duas estações de Referência de Nível (RN) da rede altimétrica do SGB com identificação 2728U e 2742H (Figura 24). Ambas com relação ao Datum de Imbituba, definido pela estação maregráfica do Porto de Imbituba, Santa Catarina. O primeiro foi utilizado como referência para as atividades experimentais no Campus da Unifor. O segundo foi adotado para as atividades experimentais situadas próximo a desembocadura do estuário do Rio Pacoti.

Figura 24: Localizações das estações altimétricas (2728U e 2742H) do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB).



Fonte: imagem *QuickBird* 2012 disponível no *Google Earth* e dados do IBGE.

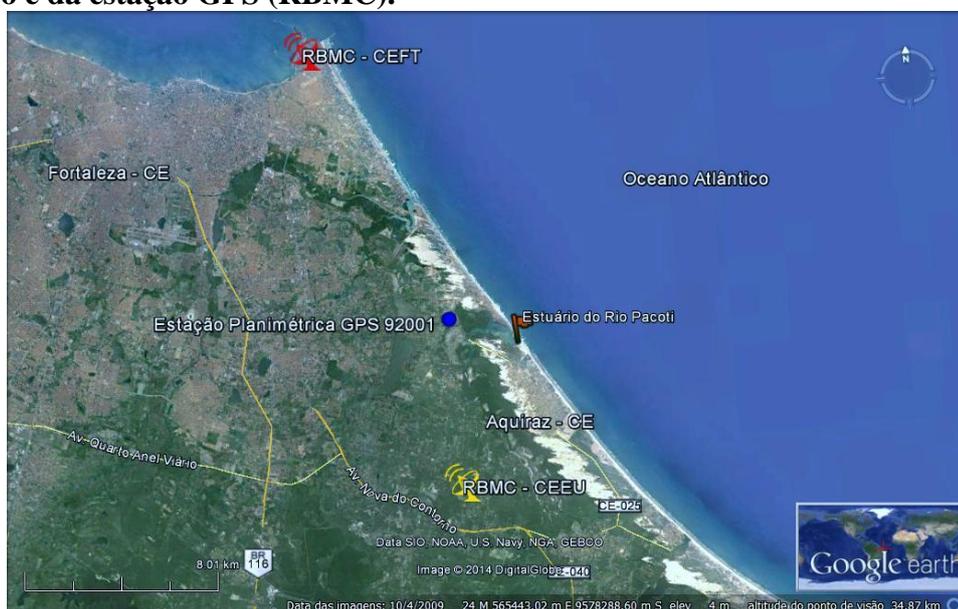
A estação 2728U encontra-se localizada no canteiro do jardim ao lado da Livraria Gabriel da Universidade de Fortaleza - UNIFOR, na Avenida Washington Soares, 1321, no bairro Edson Queiroz. Conforme o relatório da estação (ANEXO A) o marco apresenta altitude ortométrica de 18,0859 m e desvio padrão de 0,09 m.

Já a estação 2742H localiza-se no canto noroeste da tampa da cisterna, próximo ao portão do Hotel Porto da Aldeia, situado na Avenida Manoel Mavignier. De acordo com o

relatório da estação (ANEXO B) o marco possui altitude ortométrica de 14,2007 m e desvio padrão de 0,09 m.

Apesar de existir estação planimétrica GPS 92001 do SGB (ANEXO C) próximo ao local de realização das atividades experimentais, foram utilizadas as estações da RBMC identificadas por CEUU e CEFT (Figura 25). Primeiro, devido às dificuldades de acesso ao local, e em segundo, a necessidade de permanência de pessoas na área durante o rastreamento de dados.

Figura 25: Localizações da estação planimétrica (92001) do Sistema Geodésico Brasileiro e da estação GPS (RBMC).



Fonte: imagem *QuickBird* 2012 disponível no Google Earth e dados do IBGE.

A estação nomeada de CEUU da RBMC (ANEXO D), localiza-se no município de Eusébio do Estado do Ceará, situadas nas coordenadas UTM 9.589.820,631N e 558.529,724E, e a outra estação, identificada por CEFT (ANEXO E), localiza-se no município de Fortaleza do Estado do Ceará, situadas nas coordenadas UTM 9.589.820,631N e 558.529,724E. Ambas as coordenadas das estações estão na projeção SIRGAS 2000 referente ao Meridiano Central (MC) -39° (Fuso/Zona - 24M).

Apesar da existência de uma diversidade de métodos de posicionamento relativo proposto no levantamento geodésico, foram analisados o tempo de observação sugerido pelo

órgão gestor do SGB, o IBGE (Quadro 3) e do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA (quadro 4), sendo a última norma, adotada nesta pesquisa.

Quadro 3: Precisão do posicionamento relativo em função do tempo de observação conforme o IBGE.

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 horas	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 (Espanha) – Curso GPS en Geodesia y Cartografía. Disponível: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/default_normas.shtm

Quadro 4: Precisão do posicionamento relativo em função do tempo de observação conforme o INCRA.

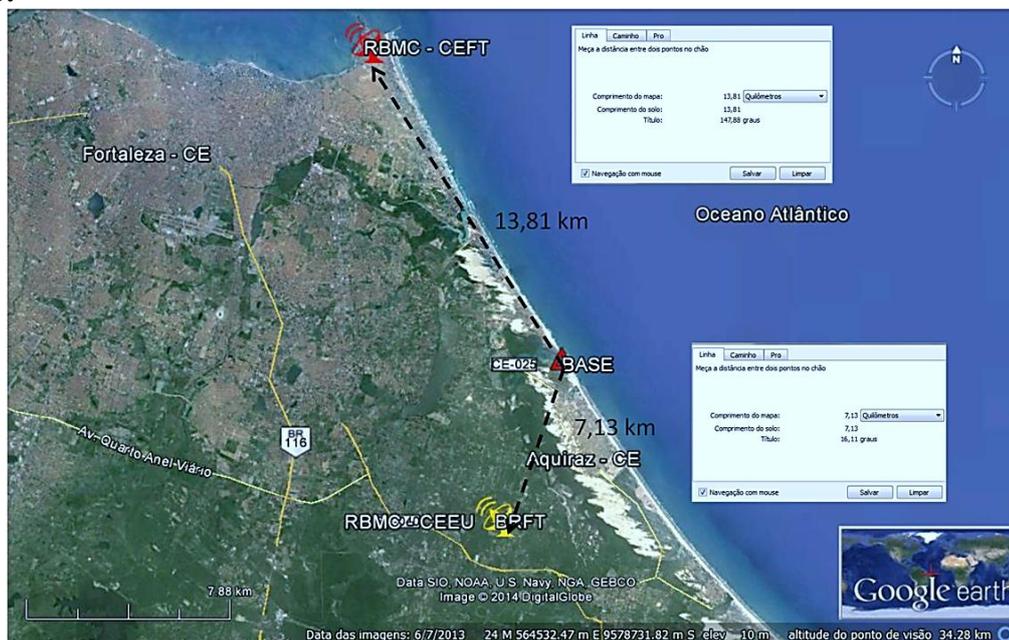
Linha de Base	Ocupação Mínima	Observáveis	Tipo de Solução	Nº de Sessões	Efemérides
0-10 Km	20 min	φL1 ou L1/L2	Fixa	1	Transmitidas ou Precisas
10-20 km	30 min	L1 ou L1/L2	Fixa	1	Transmitidas ou Precisas
10-20 km	60 min	φL1	Fixa	1	Transmitidas ou Precisas
20-100 km	120 min	φL1/L2	Fixa/Flutuante	2	Transmitidas ou Precisas
100-500 km	240 min	φL1/L2	Fixa/Flutuante	2	Precisas
500-1000 km	480 min	φL1/L2	Fixa/Flutuante	3	Precisas

Fonte: INCRA (2010).

Para saber o tempo mínimo de rastreamento do *Real Time Kinematic* (RTK) foi necessário usar a ferramenta do *Google Earth* para obter a distância horizontal da base até as estações CEFT (≈13,81 km) e CEUU (≈7,13 km) da RBMC (Figura 26). Constatou-se que a partir da distância da linha de comprimento de base, o tempo de observação deve variar de 10 a 30 minutos com equipamentos de frequência L1/L2 pela norma do IBGE.

De acordo com a norma do INCRA, o tempo de ocupação deve ser no mínimo de 30 minutos para equipamentos de frequência L1/ L2. Portanto, foi adotado a norma de georeferenciamento do INCRA para o tempo mínimo de rastreamento da base (Quadro 4). Os dados oriundos da base, do rover e da RBMC, CEUU e CEFT, foram processados no programa *Topcon Link*.

Figura 26: Medições de distâncias horizontais da base até as estações CEFT e CEUU da RBMC.



Fonte: Imagem *Quick Bird* disponível no programa *Google Earth* e dados do IBGE.

Crespo (2009) ratifica que “muitos dos conhecimentos que temos foram obtidos na Antiguidade por acaso e, outros, por necessidades práticas, sem aplicação de um método”. O próprio autor explana que “... todo acréscimo de conhecimento resulta da observação e do estudo”.

Segundo um grupo de físico-química do Departamento CCEN/UFPA [?]:

“A execução de uma série de medidas constitui o primeiro passo no exame de um determinado fenômeno natural. A seguir os resultados obtidos devem ser organizados, interpretados e criticados a partir de um tratamento estatístico. Este geralmente permite a extração de maior número de informações e de conclusões mais realistas sobre o fenômeno estudado”. [?]

Nesta pesquisa foi adotado o método experimental, ou seja, manter constantes todas as causas, e variar apenas uma causa de modo que possam ser identificadas as vantagens e desvantagens, e também a precisão dos dados.

Os dados obtidos através dos levantamentos topográficos e geodésicos foram organizados e tabulados com o auxílio da Estatística, por meio de quadros e gráficos gerados a partir do programa Excel. Além disso, foram aplicados alguns parâmetros estatísticos

(medidas de posição e medidas de dispersão ou variabilidade) nos dados compilados, tais como: média aritmética (\bar{X}); desvio em relação à média (d_i), quadrado do desvio em relação à média (D_i); somatório do quadro do desvio em relação à média ($\sum D_i$); desvio padrão de uma observação (m); desvio padrão da média das observações (M), variância (s^2); desvio padrão (s); coeficiente de variação; mínimo e máximo.

A média (\bar{X}) aritmética foi obtida pelo quociente da divisão da soma dos valores da variável pelo número dele pela equação 3.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (3)$$

Sendo:

- \bar{x} = média aritmética.
- x_i = valores das variáveis.
- n = quantidade de leituras executadas.

O desvio em relação à média (d_i) foi calculado pela diferença entre cada elemento de um conjunto de valores e a média aritmética pela equação 4.

$$d_i = x_i - \bar{x} \quad (4)$$

Sendo:

- d_i = desvio em relação à média.
- x_i = valores das variáveis.
- \bar{x} = média aritmética.

O quadrado do desvio em relação à média (D_i) foi calculado quando o desvio é elevado ao quadrado pela equação 5.

$$D_i = d_i^2 \quad (5)$$

Sendo:

- D_i = quadrado do desvio em relação à média.
- d_i = desvio em relação à média.

O somatório do quadrado (ΣD_i) do desvio em relação à média foi obtida pela equação 6.

$$\Sigma D_i = \Sigma (x_i - \bar{x}) = 0 \quad (6)$$

Sendo:

- ΣD_i = somatório do quadrado.
- $\Sigma (x_i - \bar{x})$ = somatório do desvio em relação à média.

O desvio padrão de uma observação (m) foi calculada pela equação 7:

$$m = \pm \sqrt{\Sigma(x_i - \bar{x})^2 / n - 1} \quad (7)$$

Sendo:

- m = desvio padrão de uma observação.
- x_i = valores da variáveis.
- \bar{x} = média aritmética.
- n = quantidade de leituras executadas.

O desvio padrão da média das observações (M) foi mensurado pela equação 8:

$$M = \pm m/\sqrt{n} \quad (8)$$

Sendo:

- m = desvio padrão de uma observação.
- n = quantidade de leituras executadas.

A variância (s^2) consiste na soma dos quadrados dos desvios dividida pelo número de ocorrências pela equação 9.

$$s^2 = \Sigma(x_i - \bar{x})/n \quad (9)$$

Sendo:

- s^2 = variância.
- $\Sigma (xi - x)$ = somatório do desvio em relação à média.
- n = número de ocorrências.

E por fim, o desvio padrão que foi calculado pela raiz quadrada da variância (equação 10).

$$s = \sqrt{s^2} \quad (10)$$

Sendo:

- s = desvio padrão.
- s^2 = variância.

Além disso, foram obtidos parâmetros estatísticos de valores mínimos e máximos. O primeiro corresponde ao menor valor observado, e o segundo, corresponde ao maior valor constatado.

Posteriormente, os dados foram trabalhados nos programas *Topograph*, *Topcon Link*, *Google Earth*, *Arcview GIS*, *Autocad 2012* e *Surfer*. Após o processamento, as informações obtidas a partir dos dados, foram representadas graficamente em escalas por meio de perfis topográficos, plantas baixas, curvas de nível e Modelo Digital do Terreno (MDO).

Os perfis topográficos oriundos do nivelamento geométrico com nível, nivelamento hidrostático com mangueira, nivelamento trigonométrico com estação total e posicionamento relativo com *Real Time Kinematic* (RTK) foram gerados com largura de 5 m no eixo y para melhor visualização da feição morfológica da seção do terreno.

As plantas baixas referentes a linha de costa foram confeccionadas em escala distintas, cujos dados planimétricos foram provenientes do nivelamento por caminhamento de poligonal fechada com estação total, posicionamento relativo com RTK e posicionamento absoluto com receptor Sistema de Posicionamento Global (GPS).

As curvas de nível do terreno foram desenhadas com equidistância de 0,100m decorrentes do nivelamento geométrico com nível, nivelamento trigonométrico com estação total e posicionamento relativo com *Real Time Kinematic* (RTK). Além disso, foi confeccionado as curvas de nível com vetores e o Modelo Digital do Terreno (MDT).

Na elaboração das plantas topográficas oriundas dos levantamentos planimétricos e planialtimétricos foi adotado o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas – SIRGAS 2000 – e o Sistema de Coordenadas em Universal Transversa de Mercator – UTM –, Fuso/Zona 24M. Conforme o IBGE “...não existem parâmetros de transformação de coordenadas entre o SIRGAS2000 e o WGS84 porque eles são praticamente iguais, ou seja, $DX = 0$, $DY = 0$ e $DZ = 0$ ”.

3.3. Atividades Laboratoriais

Nesta etapa foi realizada a aferição dos equipamentos (estação total e nível topográfico) na Empresa Geotada. A regulagem dos acessórios topográficos (bastão, nível deprisma, mira e trena) foram realizados no Laboratório de Topografia da Universidade de Fortaleza (UNIFOR). Posteriormente, foram realizadas atividades experimentais no Campus da Universidade de Fortaleza e na desembocadura do Estuário do Rio Pacoti, para verificar a calibração dos dados.

3.4. Atividades Experimentais

Todos os equipamentos e acessórios topográficos utilizados nas atividades experimentais foram disponibilizados pelo Laboratório de Topografia da Universidade de Fortaleza – UNIFOR, exceto o receptor *Real Time Kinematic* (RTK) que foi emprestado pela Empresa Geotada Engenharia LTDA.

Nas atividades experimentais foram utilizados para cada tipo de metodologia, os seguintes equipamentos e acessórios topográficos:

- ❖ NIVELAMENTO GEOMÉTRICO: nível topográfico Topcon com precisão de 2.0 mm / 1 km duplo de nivelamento (segundo a NBR 13.133/1994 o nível é classificado

com precisão alta), tripé de alumínio, mira topográfica, baliza, trena de fibra de vidro, nível de cantoneira e piquetes de madeira;

- ❖ NIVELAMENTO POR MÉTODO HIDROSTÁTICO: mangueira de nível (diâmetro com 8 a 12,5mm e parede espessa), mira topográfica, trena de fibra de vidro, nível de cantoneira e piquetes de madeira;
- ❖ NIVELAMENTO TRIGONOMÉTRICO: estação total eletrônica da Topcon com precisão angular de 6" e precisão linear de 2mm + 2ppm (segundo a NBR 13.133 a estação é de precisão média), tripé de alumínio e prisma acoplado nível de cantoneira.
- ❖ POSICIONAMENTO ABSOLUTO: receptor de Sistema de Posicionamento Global da Garmin modelo Map 62 com precisão em metros;
- ❖ POSICIONAMENTO RELATIVO: receptor *Real Time Kinematic* (precisão RTK em tempo real na horizontal com 10mm + 1ppm e na vertical com 15mm + 1ppm / precisão do estático pós processado DGPS na horizontal com +3.0 mm + 0.5 ppm e na vertical com +5.0 mm + 0.5ppm), tripé de alumínio, bastão com nível de cantoneira e trena;
- ❖ CAMINHAMENTO POR POLIGONAL FECHADA: estação total eletrônica da Topcon com precisão angular de 6" e precisão linear de 2mm + 2ppm (segundo a NBR 13.133 a estação é de precisão média), tripé de alumínio e prisma acoplado nível de cantoneira.

No método de nivelamento geométrico com nível topográfico foi aplicado a equação 11 para calcular a altura do instrumento.

$$AI = Cota_{conhecida} + V_{re} \quad (11)$$

Temos que:

- **AI** = altura do instrumento.
- **Cota_{conhecida}** = cota conhecida (leitura do fio médio).
- **V_{re}** = visada ré.

E posteriormente, foi aplicado a equação 12 para calcular as cotas (ou altitudes) desconhecidas.

$$\mathbf{Cota_{desconhecida} = AI - V_{vante}} \quad (12)$$

Em que:

- **Cota_{desconhecida}** = cota desconhecida.
- **AI** = altura do instrumento.
- **V_{vante}** = visada vante.

No nivelamento hidrostático com mangueira de nível foi aplicado a equação 13 para calcular a diferença de nível (ΔN) entre dois pontos. Se a $\Delta N > 0$, o terreno estará em aclive (positivo). Caso contrário, o terreno estará em declive ($\Delta N < 0$), ou seja, negativo.

$$\mathbf{\Delta N = h_1 - h_2} \quad (13)$$

Temos que:

- **ΔN** = diferença de nível.
- **h_1** = distância vertical do ponto topográfico ao nível da água no ponto 1.
- **h_2** = distância vertical do ponto topográfico ao nível da água no ponto 2.

No método de caminhamento por poligonal fechada foi utilizado a equação 14 para calcular o somatório dos externos externos calculados (sentido horário).

$$\mathbf{\Sigma ae_{calculado} = (n+2) \times 180^\circ} \quad (14)$$

Em que:

- **$\Sigma ae_{calculado}$** = somatório dos ângulos externos calculados.
- **ae** = i-ésimo ângulo externo.
- **n** = número de vértices da poligonal.

O erro de fechamento angular (Efa) foi obtida a partir da discrepância entre o somatório dos ângulos externos calculados ($\Sigma ae_{calculados}$) e o somatório dos externos medidos ($\Sigma ae_{medidos}$) descrito na equação 15:

$$\mathbf{Efa = \Sigma ae_{medido} - \Sigma ae_{calculado}} \quad (15)$$

Em que:

- **Efa:** erro de fechamento angular.
- **Σ_{ae_medido} :** somatório dos ângulos externos medidos.
- **$\Sigma_{ae_calculado}$:** somatório dos ângulos externos calculados.

Aplica-se a equação 16 para ajustamento angular, baseada na seguinte propriedade: “o erro angular da poligonal é inversamente proporcional ao comprimento da visada”.

$$C_{ang} = -(Efa \times (1/P)) / \Sigma(1/P) \quad (16)$$

Em que:

- **C_{ang} :** correção angular.
- **Efa:** erro de fechamento angular.
- **1/P:** inverso da média dos comprimentos dos lados da poligonal.
- **$\Sigma(1/P)$:** somatório do inverso da média dos comprimentos dos lados da poligonal.

Partindo-se de um azimute inicial medido e os ângulos ajustados foi possível calcular os azimutes dos demais lados da poligonal por meio da seguinte equação 17:

$$Az_n = (Az_{n-1} + AH_{ext}) \pm 180^\circ \text{ (ou } -540^\circ \text{) (caminhamento no sentido horário)} \quad (17)$$

Em que:

- **Az_n :** azimute do vante.
- **Az_{n-1} :** azimute conhecido do alinhamento anterior.
- Adotar **+180°**, quando a soma entre parênteses for inferior a 180°.
- Adotar **-180°**, quando a soma entre parênteses for superior a 180° e inferior a 540°.
- Adotar **-540°**, quando a soma entre parênteses for superior a 540°.

O cálculo das projeções naturais ou das coordenadas parciais consiste em estabelecer um sistema de coordenada ortogonal (xy) com origem no vértice da poligonal em que foi medido o azimute inicial. Os eixos x e y das projeções de um lado do polígono,

coincidem com os eixos norte-sul e leste-oeste. Dessa forma, as projeções naturais ou coordenadas parciais foram calculadas a partir das seguintes equações 18 e 19:

$$x_{ij} = \mathbf{DH}_{ij} \cdot \mathbf{sen} \mathbf{Az}_n \quad (18)$$

$$y_{ij} = \mathbf{DH}_{ij} \cdot \mathbf{cos} \mathbf{Az}_n \quad (19)$$

Em que:

- x_{ij} : coordenada do eixo x.
- \mathbf{DH}_{ij} : distância horizontal.
- $\mathbf{sen} \mathbf{Az}_n$: seno do azimute.
- y_{ij} : coordenada do eixo y.
- $\mathbf{cos} \mathbf{Az}_n$: cosseno do azimute.

Sabe-se que a somatória das projeções naturais ou coordenadas parciais nas poligonais fechadas são nulas nos eixos x e y. Portanto, aplicamos as equações 20 e 21 para calcular o erro de fechamento linear no eixo X e no eixo Y.

$$\Delta x = \Sigma x_i \quad (20)$$

$$\Delta y = \Sigma y_i \quad (21)$$

Em que:

- ΔX : erro de fechamento linear em x.
- Σx_i : somatório das projeções naturais ou coordenadas parciais do eixo x.
- ΔY : erro de fechamento linear em y.
- Σy_i : somatório das projeções naturais ou coordenadas parciais do eixo y.

O erro de fechamento linear foi obtido por meio da equação 22:

$$\Delta l = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} \quad (22)$$

Em que:

- Δl : erro de fechamento linear.

- Δx : erro de fechamento linear em x.
- Δy : erro de fechamento linear em y.

Nessa etapa, as atividades foram divididas em: experimento I, experimento II e experimento III. Sendo que, os dois primeiros foram classificados como testes pilotos para validar os métodos e os instrumentos topográficos e geodésicos.

3.4.1. Experimento I

O experimento I foi realizado no Campus da Universidade de Fortaleza – UNIFOR ao lado da Livraria Gabriel, devido a proximidade com um marco de referência altimétrica do IBGE (2728U) e ao laboratório de topografia, em condições e cenários totalmente distintos da realidade (Figura 27).

Figura 27: Realização do experimento I no Campus da Universidade de Fortaleza.



Fonte: arquivo pessoal.

Com o auxílio da bússola magnética, baliza e nível de cantoneira foi estabelecido um alinhamento com azimute magnético (Az_{mg}) de 171° e declinação magnética (δ) de $-21,34^\circ$ para o dia 14 de agosto de 2013. O azimute verdadeiro (Az_v) foi calculado a partir da equação 23, que no caso foi de $192,34^\circ$.

$$\delta = Az_{mg} - Az_v \quad (23)$$

Sendo:

- δ = Declinação magnética.
- Az_{mg} = Azimute magnético.
- Az_v = Azimute verdadeiro.

Posteriormente, com o uso de trena e pincel atômico foi possível determinar estaqueamento de 5 metros em uma extensão de 30 metros para realizar a primeira atividade experimental. Os dados foram obtidos por meio dos seguintes métodos e equipamentos:

- Levantamento topográfico por nivelamento geométrico com nível;
- Levantamento topográfico por nivelamento hidrostático com mangueira de nível;

Os procedimentos de levantamentos de dados por métodos e equipamentos citados acima serão apresentados e discutidos no capítulo 4.

3.4.2. Experimento II

No dia 22 de janeiro de 2014 foi realizado o segundo experimento próximo a desembocadura do Estuário do Rio Pacoti (Fortaleza – CE). Foi determinado um marco de Referência de Nível (RN) de 5,521 m e coordenadas UTM de 566325,139 E e 9577514,295 N, para dar suporte ao levantamento topográfico e geodésico.

A altitude ortométrica (5,521 m) do marco foi obtido a partir do nivelamento geométrico da Referência de Nível (14,2007 m) do IBGE, situada aproximadamente a 2,6 km de distância horizontal em linha reta (Figura 28). As coordenadas UTM foram obtidas a partir de posicionamento relativo por RTK, em SIRGAS 2000 do Fuso/Zona 24M.

Durante a maré de baixamar foi estabelecido um alinhamento perpendicular a faixa de praia com estaqueamento de 5 metros, em uma extensão de 65 m. Portanto, foram distribuídos 14 piquetes de madeiras em uma seção perpendicular a faixa de praia. Os dados referente a uma seção da faixa de praia foram obtidos por meio dos seguintes métodos e equipamentos:

- Levantamento topográfico por nivelamento geométrico com nível;

- Levantamento topográfico por nivelamento hidrostático com mangueira de nível;
- Levantamento geodésico por posicionamento absoluto com receptor de Sistema de Posicionamento Global (GPS);
- Levantamento geodésico por posicionamento relativo com *Real Time Kinematic* (RTK).

Figura 28: Localização do RN para determinação da altitude ortométrica do marco.



Fonte: Arquivo pessoal / Imagem *Quick Bird* (2012) obtida do programa Google Earth.

A obtenção dos dados referentes ao traçado da linha de costa foram mensurados através dos seguintes métodos e equipamentos:

- Levantamento topográfico por caminhamento de poligonal fechada com estação total;
- Levantamento geodésico por posicionamento absoluto com receptor de Sistema de Posicionamento Global (GPS);
- Levantamento geodésico por posicionamento relativo com *Real Time Kinematic* (RTK).

Os procedimentos de levantamentos de dados por métodos e equipamentos comentados acima serão apresentados nos capítulos 4.

3.4.3. Experimento III

O terceiro experimento desta pesquisa foi realizado na baixa-mar de maré de sizígia para obtenção de dados topográficos e geodésicos das feições costeiras. Nos dias 13,

14 e 15 de junho de 2014 foi realizado o terceiro experimento desta pesquisa. Devido ao extravio do marco, a cota foi “transportada”.

Dessa vez, estabelecemos dois marcos (RN1 / RN2) de referências altimétricas (referidas ao nível médio do mar) para dar suporte aos levantamentos topográficos e geodésicos. Tais marcos estão situados nas coordenadas UTM 9.577.474,635 N / 566.323,662 E (RN 1) e 9.577.474,635 N / 566.350,247 E (RN2). As coordenadas UTM dos marcos foram obtidas a partir de posicionamento relativo por RTK, em SIRGAS 2000, Fuso/Zona 24M.

A partir da Referência de Nível (RN) do IBGE, nomeada de 2742H, com altitude ortométrica de 14,2007 m, foi possível calcular a altitude ortométrica dos dois marcos a partir do método de nivelamento geométrico composto por contranivelamento. As altitudes ortométricas calculadas próximo a desembocadura do Estuário do Rio Pacoti foram de 5,350 m (RN1) e 4,815 m (RN2). Foram realizados no mínimo 50 estações para o “transporte de cota”.

A medida que foram efetuando as leituras (visadas re e vante) nas estações, foi calculada a caderneta de campo com o intuito de determinar o Erro de Fechamento (Ef). Entretanto, quando o Erro de Fechamento era diferente de zero, o levantamento era refeito para não haver a necessidade de fazer a distribuição dos erros (Figura 29).

Figura 29: Procedimento aplicado no “transporte de cota”.



Fonte: arquivo pessoal.

Infelizmente, no dia 14 de junho de 2014 não conseguimos concluir os levantamentos de dados por causa da maré. Dessa forma, os dados levantados não foram considerados nesta pesquisa.

No dia 15 de junho de 2014 foi determinada uma malha com 20,00 m de largura no sentido norte-sul e 55,00 m no sentido leste-oeste no *spit* arenoso no Estuário do Rio Pacoti, totalizando uma área de 1.110,00 m². Foram distribuídos 60 piquetes de madeiras na área da malha, com espaçamento entre si de 5 m (Figura 30).

Figura 30: Representação gráfica da grade regular gerada pelo método de quadriculação.



Fonte: imagem *QuickBird* 2012 disponível no Google Earth.

Com auxílio do nível topográfico e acessórios foi possível colocar todos os piquetes dentro de um alinhamento, tanto perpendicular quanto transversal a faixa de praia. Através de tal método foi possível obter dados para gerar os perfis topográficos, as curvas de nível e o Modelo Digital do Terreno (MDT). Além disso, foi possível extrair diversas informações, tais como: área (m²), volume (m³), declividade em percentual (%) e declividade em graus (°). Os dados altimétricos para gerar os perfis topográficos foram obtidos por meio dos seguintes métodos e equipamentos:

- Levantamento topográfico por nivelamento geométrico com nível;
- Levantamento topográfico por nivelamento hidrostático com mangueira;

- Levantamento topográfico por nivelamento trigonométrico com estação total;
- Levantamento geodésico por posicionamento relativo com *Real Time Kinematic* (RTK).

Os dados planialtimétricos para gerar o Modelo Digital do Terreno (MDT) foram obtidos por meio dos seguintes métodos e equipamentos:

- Levantamento topográfico por nivelamento geométrico com nível;
- Levantamento topográfico por nivelamento trigonométrico com estação total;
- Levantamento geodésico por posicionamento relativo com *Real Time Kinematic* (RTK).

Para traçar a linha de costa foi considerado a linha de preamar da maré de sizígia, do dia 15 de julho de 2014. Foram distribuídos 16 piquetes com espaçamento de 10 m linear e 3 piquetes com espaçamento diferenciados entre as estacas (3,221 m / 6,243 m / 2,734), totalizando um perímetro de 172,198 m. Os dados foram obtidos por meio dos seguintes métodos e equipamentos:

- Levantamento topográfico por caminhamento de poligonal fechada com estação total;
- Levantamento geodésico por posicionamento relativo com *Real Time Kinematic* (RTK);
- Levantamento geodésico por posicionamento absoluto com receptor de Sistema de Posicionamento Global (GPS).

Os procedimentos de levantamentos de dados por métodos e equipamentos citados acima serão apresentados e discutidos nos capítulos 5, 6 e 7.

4. TESTE PILOTO APLICADO NA OBTENÇÃO DE DADOS TOPOGRÁFICOS E GEODÉSICOS

De acordo com Mackey e Gass (2005 apud Bayler et al, 2011) “o estudo piloto é um teste, em pequena escala, dos procedimentos, materiais e métodos propostos para determinada pesquisa”. O teste piloto dá toda possibilidade de testar, avaliar, revisar e aprimorar os instrumentos e procedimentos de pesquisa (CANHOTA, 2008; MACKEY e GASS, 2005).

O presente capítulo tem como objetivo elencar os pontos fracos, corrigir eventuais problemas e calibrar os dados obtidos por métodos e equipamentos distintos oriundos do teste experimental preliminar.

Foram realizados dois testes pilotos, em momentos e locais distintos, no decorrer desta pesquisa. O primeiro teste foi realizado no Campus da Universidade de Fortaleza, devido às proximidades com o marco de Referência Nível (RN) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e com o laboratório de topografia. E por apresentar condições totalmente distintas da realidade para quem trabalha com a zona costeira.

O segundo teste se deu próximo à desembocadura do estuário do Rio Pacoti. A escolha do local foi com o propósito de se aproximar ao máximo da realidade e das dificuldades existentes durante o levantamento topográfico e geodésico em zona costeira, como por exemplo, areia, amplitude das marés, ação das ondas, direção e velocidade dos ventos.

4.1. Experimento I: Teste piloto no Campus da UNIFOR

O experimento I foi feito nos dias 14 e 15 de agosto de 2013 nas dependências do Campus da UNIFOR, ao lado da Livraria Gabriel (Figura 31). Com auxílio de equipamento e acessórios topográficos foram distribuídas 07 estacas dentro de um alinhamento com estaqueamento de 5 m, totalizando uma extensão de 30 m. Os dados altimétricos para gerar os

perfis topográficos foram obtidos através dos seguintes métodos com seus respectivos equipamentos:

- Levantamento topográfico por nivelamento geométrico com nível;
- Levantamento topográfico por nivelamento hidrostático com mangueira.

Figura 31: Local de realização da atividade experimental I no Campus da UNIFOR (teste piloto).



Fonte: imagem *Quick Bird* 2012 disponível no Google Earth.

4.1.1. Levantamento topográfico por nivelamento geométrico com nível

O levantamento topográfico por nivelamento geométrico consiste em determinar de uma única estação, a diferença de nível entre dois ou mais pontos, sem a possibilidade de identificar e/ou quantificar o erro numa determina extensão.

O tripé foi instalado em local estratégico e posicionado numa altura que após a fixação do nível topográfico, o observador ficasse numa posição confortável para realizar as leituras. Em seguida, o nível foi fixado ao tripé com o uso do parafuso de fixação. Após o nivelamento do equipamento foi posicionado a mira sobre o ponto de altitude ortométrica conhecida (18,0859 m), e depois, sobre as 07 estacas (altitudes desconhecidas). Para garantir a verticalidade da mira foi acoplado um nível de cantoneira. O procedimento foi repetido quatro vezes em cada estaca, totalizando 28 amostras referidas ao nível médio dos mares (Quadro 5).

Todos os valores das amostras foram considerados no cálculo da média, pois, os valores das altitudes ortométricas apresentaram pouca dispersão entre si quando analisados os valores do desvio padrão de uma observação (m). Os valores médios das altitudes ortométricas do perfil topográfico variaram de 18,049 m (estaca 0) a 17,220 m (estaca 6) em uma extensão de 30 metros (Quadro 5).

Quadro 5: Dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível.

Estacas	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Média	m (\pm)
0	18,049	18,049	18,049	18,049	18,049	0,000
1	17,916	17,915	17,916	17,916	17,916	0,001
2	17,769	17,770	17,771	17,771	17,770	0,001
3	17,733	17,732	17,732	17,732	17,732	0,001
4	17,657	17,654	17,655	17,655	17,655	0,001
5	17,560	17,558	17,559	17,559	17,559	0,001
6	17,221	17,219	17,219	17,219	17,220	0,001

m= desvio padrão de uma observação.

A média das altitudes ortométricas das quatro amostras da estaca 0 foi de 18,049 m, com desvio padrão foi de $\pm 0,000$ m. Simplesmente porque os dados não tem dispersão, ou seja, são iguais a média. As demais estacas (1, 2, 3, 4, 5 e 6) apresentaram desvio padrão de $\pm 0,001$ m.

A diferença de nível (ΔN) média entre as estacas foi de 0,829 m em uma extensão de 30 m, dessa forma, a declividade percentual e em graus foi de 2,765% e 1,584°, respectivamente, ou seja, a seção do terreno encontra-se em declive (Quadro 6).

Quadro 6: Diferença de nível (ΔN), distância horizontal (DH), declividade em percentual (D%) e declividade em graus (D°) oriundos do nivelamento geométrico com nível (dados da média).

Parâmetros	Média
Diferença de nível (m)	0,829
Distância Horizontal (m)	30,00
Declividade em percentual (%)	2,765
Declividade em graus (°)	1,584

A partir dos valores das distâncias horizontais médias, e também, dos valores médios das altitudes ortométrica foi possível representar graficamente os dados por meio de perfil topográfico (Figura 32). Considerando-se a linha de referência da altitude ortométrica

de 0,000 m, a área do perfil topográfico foi de 531,33 m² num perímetro de 155,286 m. O volume de sedimentos existente na área de superfície foi de 2.656,65 m³ em uma largura de 5 metros.

4.1.2. Levantamento topográfico por nivelamento hidrostático com mangueira

O levantamento topográfico por nivelamento hidrostático consiste em determinar a diferença de nível entre dois ou mais pontos fazendo uso de uma mangueira de nível, fundamentando-se no princípio dos vasos comunicantes. Primeiramente, o espaço interior da mangueira foi preenchida com água, tendo o cuidado de não deixar bolhas de ar. Depois de cheia, as extremidades foram juntadas para verificar a altura do nível d'água (Figura 33).

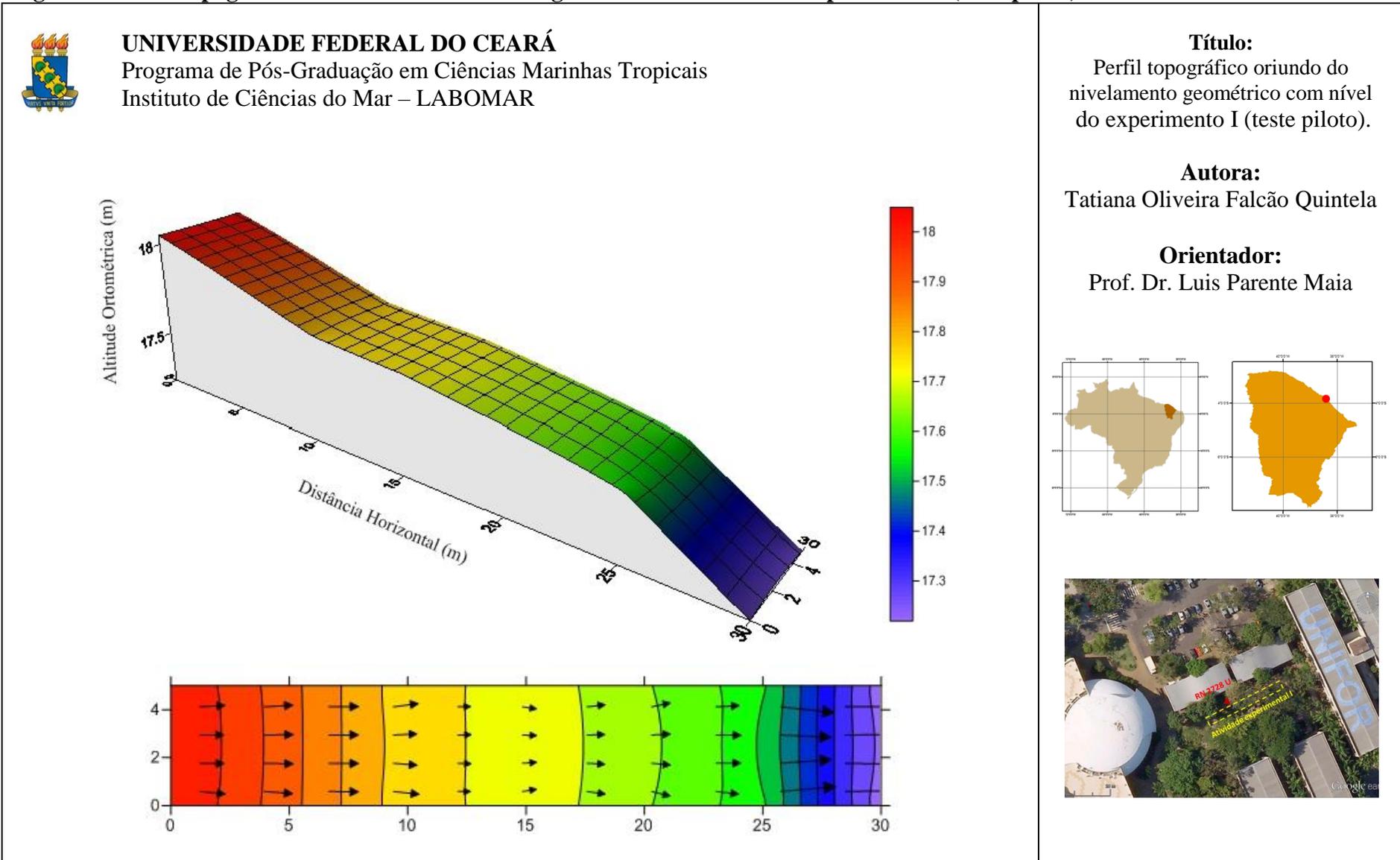
Figura 32: Verificação do nível d'água e fixação da mangueira e do nível de cantoneira a mira topográfica.



Fonte: arquivo pessoal.

Posteriormente, cada extremidade da mangueira, e também, cada nível de cantoneira foram fixados na mira topográfica para facilitar o levantamento de dados altimétricos (Figura 33). O levantamento foi iniciado posicionando uma das miras em um ponto de altitude ortométrica conhecida (18,085 m), e a outra mira, posicionada sobre a estaca zero (0). Em seguida, uma das mira continuou posicionada sobre a estaca 0, e a outra, foi

Figura 33: Perfil topográfico oriundo do nivelamento geométrico com nível do experimento I (teste piloto).



estacionada sobre a estaca 1, e assim, sucessivamente até a última estaca. O procedimento foi repetido quatro vezes, totalizando 28 amostras referidas ao nível médio dos mares (Quadro 5).

No Quadro 7 foi observado que quatro valores correspondentes as altitudes ortométricas encontravam-se fora do limite do desvio padrão. Tal fato foi decorrente de leitura errada do nível d'água. Portanto, os dados foram novamente analisados estatisticamente desconsiderando os valores das estacas 3, 4 e 5 da amostra 1, e também, o valor da estaca 6 da amostra 3 (Quadro 8).

Quadro 7: Dados altimétricos oriundos do nivelamento hidrostático com mangueira de nível.

Estacas	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Média	m (\pm)
0	18,049	18,050	18,048	18,049	18,049	0,001
1	17,916	17,916	17,916	17,916	17,916	0,000
2	17,768	17,768	17,768	17,769	17,768	0,001
3	17,728*	17,730	17,730	17,731	17,730	0,001
4	17,649*	17,653	17,653	17,653	17,652	0,002
5	17,553*	17,557	17,557	17,557	17,556	0,002
6	17,217	17,216	17,214*	17,215	17,216	0,001

* Valores fora do limite do desvio padrão.

Os valores médios das altitudes ortométricas do perfil topográfico variaram de 18,049 m (estaca 0) a 17,216 m (estaca 6) em uma extensão de 30 metros (quadro 8). A média altimétrica das amostras 1, 4 e 5 apresentaram desvio padrão de $\pm 0,000$ m, ou seja, os dados estão menos dispersos. As demais estacas (0, 2, 3, 6) apresentaram desvio padrão de $\pm 0,001$ m (Quadro 8).

Quadro 8: Dados altimétricos oriundos do nivelamento hidrostático com mangueira de nível, desconsiderando os valores das estacas 3, 4 e 5 (amostra 1) e da estaca 6 (amostra 3).

Estacas	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Média	m (\pm)
0	18,049	18,050	18,048	18,049	18,049	0,001
1	17,916	17,916	17,916	17,916	17,916	0,000
2	17,768	17,768	17,768	17,769	17,768	0,001
3	-	17,730	17,730	17,731	17,730	0,001
4	-	17,653	17,653	17,653	17,653	0,000
5	-	17,557	17,557	17,557	17,557	0,000
6	17,217	17,216	-	17,215	17,216	0,001

A diferença de nível (ΔN) média entre as estacas foi de 0,833 m em uma extensão de 30 m, dessa forma, a declividade percentual e em graus foi de 2,777% e 1,591°, respectivamente (Quadro 9), ou seja, a seção do terreno encontra-se em declive.

Foi possível representar graficamente os dados altimétricos oriundos do nivelamento hidrostático com mangueira por meio de perfil topográfico (Figura 34). Considerando a linha de referência da altitude ortométrica de 0,000 m, a área do perfil topográfico foi de 531,282 m² num perímetro de 155,282 m. O volume de sedimentos existentes na área de superfície foi de 2.656,41 m³ em uma extensão de 5 metros.

Quadro 9: Diferença de nível (ΔN), distância horizontal (DH), declividade em percentual (D%) e declividade em graus (D°) oriundos do nivelamento hidrostático com mangueira de nível (dados da média).

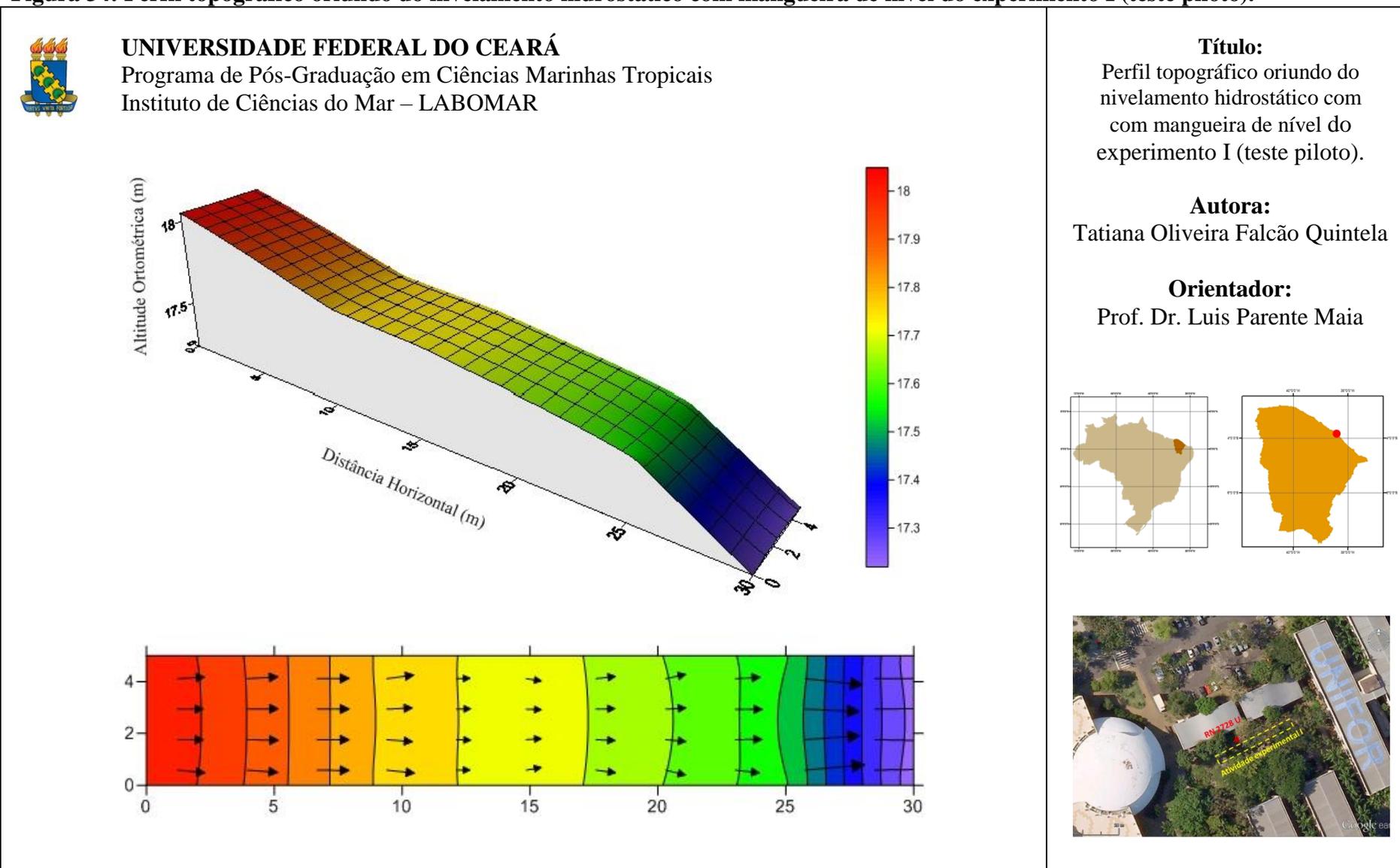
Parâmetros	Média
Diferença de nível (m)	0,833
Distância Horizontal (m)	30,00
Declividade em percentual (%)	2,777
Declividade em graus (°)	1,591

4.1.3. Análise comparativa dos métodos e equipamentos

Foi verificado que os valores apresentados pelo nivelamento geométrico com nível e pelo método hidrostático com mangueira de nível apresentaram valores de perímetro (m), área (m²) e volume (m³) bem próximos, ratificando a eficácia de ambos os métodos na obtenção de dados altimétrico referidos ao nível médio dos mares (altitude ortométrica). A diferença do pacote sedimentar entre os ambos métodos e equipamentos foi de 0,24 m³.

O tempo gasto para estaquear o terreno foi de 16 minutos devido a inclinação do terreno. Já o tempo gasto para coleta de dados aplicando o método de nivelamento geométrico com o nível topográfico foi 31 minutos e o método hidrostático com a mangueira de nível foi de 38 minutos. Apesar do último requerer um pouco mais de tempo do que o outro, apresentou boa precisão.

Figura 34: Perfil topográfico oriundo do nivelamento hidrostático com mangueira de nível do experimento I (teste piloto).



Título:

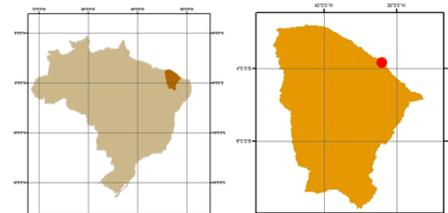
Perfil topográfico oriundo do nivelamento hidrostático com mangueira de nível do experimento I (teste piloto).

Autora:

Tatiana Oliveira Falcão Quintela

Orientador:

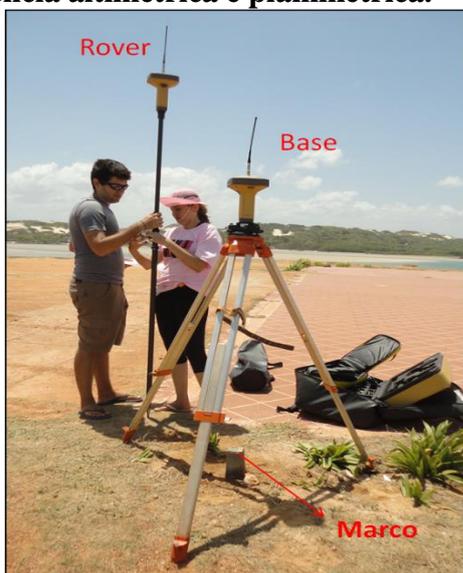
Prof. Dr. Luis Parente Maia



4.2. Experimento II: Teste piloto na desembocadura do estuário do Rio Pacoti

A atividade experimental II foi realizado no dia 23 de janeiro de 2014 nas proximidades da desembocadura do Estuário do Pacoti com o intuito de aplicar métodos e equipamentos distintos para obter informações referentes a faixa de praia e a linha de costa defrontantes aos estuários. Para auxiliar os levantamentos altimétricos e planimétricos foi materializado um marco nas proximidades da desembocadura do Estuário do Rio Pacoti, de altitude ortométrica correspondente a 5,521 m e de coordenadas UTM 9577514,295 N / 566325,139 E (Figura 35).

Figura 35: Marco de referência altimétrica e planimétrica.



Fonte: arquivo pessoal.

A altitude ortométrica do marco foi obtida por meio de nivelamento geométrico composto com nível a partir da Referência de Nível (RN) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), nomeada de 2742U (14,2007 m). As coordenadas UTM do marco foram obtidas por meio *Real Time Kinematic* (RTK) a partir do pós-processamento com a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC).

Foram realizadas 19 estações, 19 visadas de ré e 19 visadas vantes para calcular a altitude do marco de apoio, referida ao nível médio dos mares (Quadro 10). Nesse procedimento não foi possível quantificar e distribuir o erro, pois, não foi realizado o

contranivelamento. Conclui-se que a altitude ortométrica do marco de referência altimétrica calculadas pelas equações 24 e 25 foi de 5,521 m.

Quadro 10: Dados obtidos do “transporte de cota” por nivelamento geométrico composto por contranivelamento.

Estação	Estacas	Ai	Vre	Vvante	Altitude (m)	Estação	Estacas	Ai	Vre	Vvante	Altitude (m)
A	RN	16,144	1,944		14,200	J	9	7,124		3,208	3,916
	0	16,144		0,693	15,451	K	9	5,065	1,149		-
B	0	18,024	2,573		-		10	5,065		1,348	3,717
	1	18,024		0,072	17,952	L	10	5,169	1,452		-
C	1	22,439	4,487		-		11	5,169		1,602	3,567
	2	22,439		2,598	19,841	M	11	5,486	1,919		-
D	2	20,900	1,059		-		12	5,486		1,481	4,005
	3	20,900		3,268	17,632	N	12	5,095	1,090		-
E	3	17,781	0,149		-		13	5,095		0,954	4,141
	4	17,781		4,712	13,069	O	13	4,821	0,680		-
F	4	13,170	0,101		-		14	4,821		1,969	2,852
	5	13,170		4,408	8,762	P	14	4,734	1,882		-
G	5	8,994	0,232		-		15	4,734		1,081	3,653
	6	8,994		4,130	4,864	Q	15	7,023	3,370		-
H	6	6,031	1,167		-		16	7,023		1,228	5,795
	7	6,031		1,638	4,393	R	16	7,136	1,341		-
I	7	5,718	1,325		-		17	7,136		1,829	5,307
	8	5,718		0,332	5,386	T	17	6,705	1,398		-
J	8	7,124	1,738		-		18	6,705		1,184	5,521*

* Altitude ortométrica do marco.

4.2.1. Faixa de praia

Para realização da atividade experimental na faixa de praia foram distribuídas 13 estacas (nomeadas de 0 a 12) posicionadas dentro de um alinhamento com auxílio do nível topográfico, tripé, baliza, mira e trena. Os piquetes de madeira foram posicionados com estaqueamento de 5 m, totalizando uma extensão de 60 m em direção ao oceano (Figura 36).

Os dados altimétricos foram obtidos por métodos e equipamentos distintos para gerar os perfis topográficos da faixa de praia, tais como:

- Levantamento topográfico por nivelamento geométrico com nível;
- Levantamento topográfico por nivelamento hidrostático com mangueira;
- Levantamento geodésico por posicionamento relativo com *Real Time Kinematic* (RTK).

Figura 36: Distribuição das estacas dentro de um alinhamento perpendicular a costa.



Fonte: arquivo pessoal.

4.2.1.1. Levantamento topográfico por nivelamento geométrico com nível

Para aplicação do método, primeiramente, o tripé foi montado em local estratégico e numa altura que após a fixação do nível, o observador fique numa posição confortável para realizar as leituras. Posteriormente, o nível foi fixado ao tripé com o auxílio do parafuso de fixação. E depois, o equipamento foi nivelado com o auxílio do nível de bolha circular (fazendo ajustes com as pernas do tripé e/ou com os parafusos calantes).

Após verificação do nivelamento, iniciou-se o levantamento posicionando a mira sobre a Referência de Nível (RN) de altitude ortométrica de 5,521 m para realizar a visada de ré, e posteriormente, a mira foi posicionada ao lado das 13 estacas para efetuar as visadas vantes. Foi realizada uma única leitura para cada estaca (Quadro 11).

Quadro 11: Dados altimétricos oriundos do levantamento topográfico por nivelamento geométrico do experimento II (teste piloto).

Estacas	Distâncias Horizontais (m)	Altitudes (m)
0	0,000	3,411
1	5,000	2,582
2	10,000	2,831
3	15,000	3,179
4	20,000	3,358
5	25,000	3,158
6	30,000	2,598
7	35,000	2,393
8	40,000	2,548

9	45,000	2,476
10	50,000	2,036
11	55,000	1,658
12	60,000	1,212

Foi possível gerar o perfil topográfico da seção da faixa de praia por meio de correlações de distâncias horizontais e de altitudes ortométricas obtidas por nivelamento geométrico com nível (Figura 37). A altitude ortométrica variou de 3,411 m (estaca 0) a 1,212 (estaca 12), numa extensão de 60 metros (Quadro 12).

A diferença de nível (ΔN) entre as estacas 0 e 12 foi de 2,199 m em uma distância de 60 m. Portanto, a declividade em percentual foi de 3,66% e a declividade em graus foi de 2,09°. Na figura 37 o perfil topográfico da faixa de praia não é uniforme, pois, apresenta variações na sua morfologia (depressões) entre as estacas 0 e 4, e também, entre as estacas 4 e 8. No quadro 12 as variações de declividades (em percentual e em graus) entre as estacas. A declividade é uma dos parâmetros essenciais na classificação morfodinâmica de uma faixa de praia, por isso, o cuidado durante a medição.

Quadro 12: Dados de diferenças de nível (ΔN), distâncias horizontais, declividades (percentual e graus) e classificações decorrentes do nivelamento geométrico do experimento II (teste piloto).

Estacas	ΔN (m)	Distâncias Horizontais (m)	Declividades (%)	Declividades (°)	Classificações
0 - 1	-0,829	5.000	-16.58	-9.41	Declive
1 - 2	0,249	5.000	4.98	2.85	Aclive
2 - 3	0,348	5.000	6.96	3.98	Aclive
3 - 4	0,179	5.000	3.58	2.05	Aclive
4 - 5	-0,200	5.000	-4.00	-2.29	Declive
5 - 6	-0,560	5.000	-11.20	-6.39	Declive
6 - 7	-0,205	5.000	-4.10	-2.35	Declive
7 - 8	0,155	5.000	3.10	1.78	Aclive
8 - 9	-0,072	5.000	-1.44	-0.83	Declive
9 - 10	-0,440	5.000	-8.80	-5.03	Declive
10 - 11	-0,378	5.000	-7.56	-4.32	Declive
11 - 12	-0,446	5.000	-8.92	-5.10	Declive

O perfil topográfico da faixa de praia foi analisados com estaqueamento de 5,000 m, 10,000 m e 20,000 m, com linha de referência de altitude ortométrica de 0,000 m e largura

de 5,000 m (quadro 13). No perfil topográfico de estaqueamento de 5,000 m uma área de 155,643 m² em um perímetro 124,809 m, com pacote sedimentar de 778,215 m³. Já na seção de estaqueamento de 10,000 m a área foi de 156,825 m² em um perímetro 124,730 m, com um pacote sedimentar de 784,125 m³. E por fim, o perfil de estaqueamento de 20,000 m mostrou área de 164,350 m² em um perímetro de 124,684 m, cujo volume sedimentar foi de 821,750 m³. A diferença de volume sedimentar entre o estaqueamento de 5,000 m e 20,000 m foi 43,535 m³.

Quadro 13: Dados de perímetro (m), área (m²), largura (m) e volume (m³) oriundos do perfil topográfico de nivelamento geométrico com nível do experimento II (teste piloto).

Amostra	Perímetro (m)	Área (m ²)	Largura (m)	Volume (m ³)
Estaqueamento de 5 m	124,809	155,643	5,000	778,215
Estaqueamento de 10 m	124,730	156,825	5,000	784,125
Estaqueamento de 20 m	124,684	164,350	5,000	821,750

4.2.2.2. Levantamento topográfico por nivelamento hidrostático com mangueira

Primeiramente, ocupamos o espaço interior da mangueira com água, tendo o cuidado de não deixar bolhas de ar. Depois de cheia, juntamos as extremidades para verificar a altura do nível d'água. Em seguida, fixamos as extremidades da mangueira e os níveis de cantoneiras em cada mira (Figura 38).

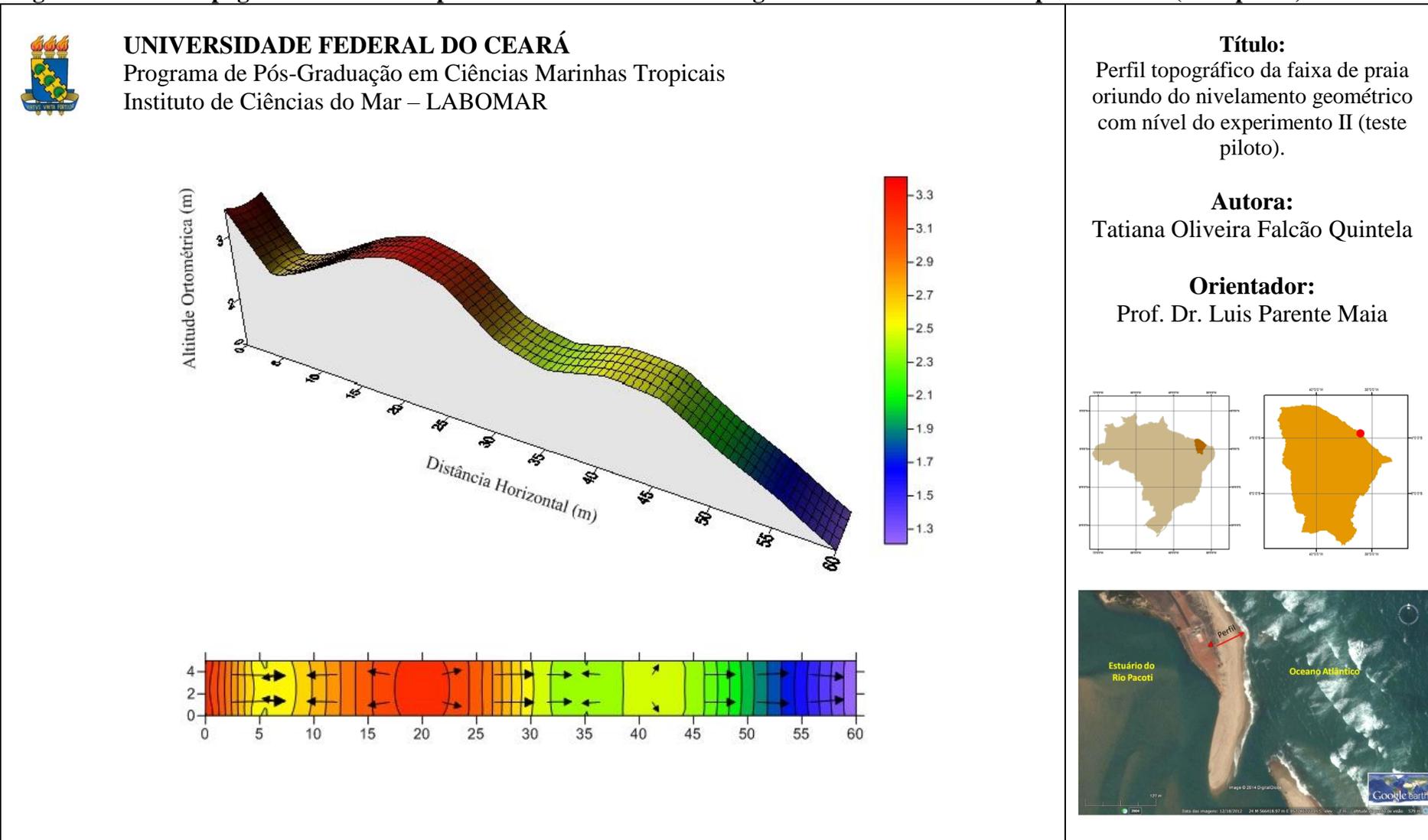
Figura 37: Acessórios utilizados para o levantamento hidrostático com mangueira, mira e nível de cantoneira.



Fonte: arquivo pessoal.

O levantamento iniciou quando uma mira foi posicionada em um ponto de altitude ortométrica conhecida (5,521 m), e a outra mira, colocada sobre a estaca zero (0). Em

Figura 38: Perfil topográfico da faixa de praia oriundo do nivelamento geométrico com nível do experimento II (teste piloto).



seguida, uma das mira permaneceu sobre a estaca 0, e a outra, foi estacionada sobre a estaca 1, e assim sucessivamente, até a estaca 12. O procedimento foi realizado uma única vez.

Na Figura 39 foi ratificado que o perfil praial não se apresenta de forma uniforme, pois, apresenta variações na sua morfologia com depressões entre as estacas 0 e 4, e também, entre as estacas 4 e 8. A altitude ortométrica variou de 3,411 m (estaca 0) a 1,197 m (estaca 12) numa extensão de 60 metros (Quadro 14).

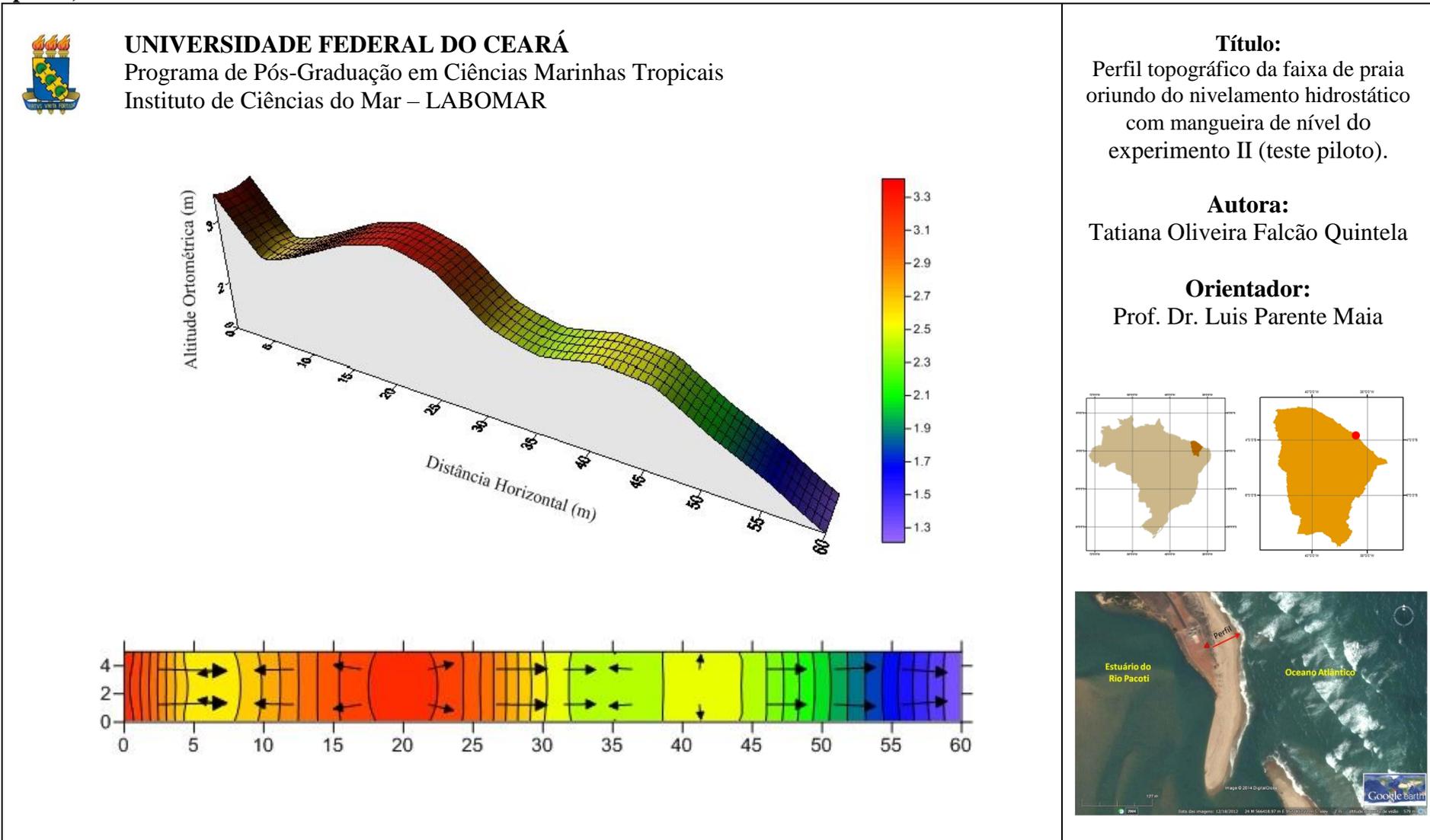
Quadro 14: Dados altimétricos oriundos do levantamento topográfico por método hidrostático do experimento II (teste piloto).

Estacas	Distâncias Horizontais (m)	Altitudes (m)
0	0,000	3,411
1	5,000	2,591
2	10,000	2,828
3	15,000	3,178
4	20,000	3,355
5	25,000	3,158
6	30,000	2,600
7	35,000	2,395
8	40,000	2,543
9	45,000	2,478
10	50,000	2,037
11	55,000	1,657
12	60,000	1,197

A diferença de nível (ΔN) entre as estacas 0 e 12 foi de 2,214 m em uma distância de 60 m. Dessa forma, a declividade em percentual foi de 3,69% e a declividade em graus foi de 2,11°. No quadro 15 observamos as variações de declividades entre as estacas.

No Quadro 15 foi verificado que as diferenças de níveis entre as estacas apresentaram variações significativas entre as estacas, com valores de de variações significativas nas diferenças de níveis entre as estacas, com valores variando de 0,820 m (estacas 0 - 1) m a 0,350 m (estacas 2 - 3) m. Dessa forma, também teremos variações de declividade entre as estacas.

Figura 39: Perfil topográfico da faixa de praia oriundo do nivelamento hidrostático com mangueira de nível do experimento II (teste piloto).



Quadro 15: Dados de diferenças de nível (ΔN), distâncias horizontais, declividades (percentual e graus) e classificações decorrentes do método hidrostático por mangueira de nível do experimento II (teste piloto).

Estacas	ΔN (m)	Distâncias Horizontais (m)	Declividades (%)	Declividades (°)	Classificações
0 - 1	0,820	5,000	16.40	9.31	Declive
1 - 2	0,237	5,000	4.74	2.71	Aclive
2 - 3	0,350	5,000	7.00	4.00	Aclive
3 - 4	0,177	5,000	3.54	2.03	Aclive
4 - 5	0,197	5,000	3.94	2.26	Declive
5 - 6	0,558	5,000	11.16	6.37	Declive
6 - 7	0,205	5,000	4.10	2.35	Declive
7 - 8	0,148	5,000	2.96	1.70	Aclive
8 - 9	0,065	5,000	1.30	0.74	Declive
9 - 10	0,441	5,000	8.82	5.04	Declive
10 - 11	0,380	5,000	7.60	4.35	Declive
11 - 12	0,460	5,000	9.20	5.26	Declive

O perfil topográfico da faixa de praia foi analisado adotando estaqueamento de 5,000 m, 10,000 m e 20,000 m, com linha de referência de altitude ortométrica de 0,000 m e largura de 5,000 m (quadro 16). Foi observado que no perfil topográfico de estaqueamento de 5,000 m a área foi de 155,620 m² em um perímetro 124,792 m, com pacote sedimentar de 778,100 m³.

O perfil topográfico com estaqueamento de 10,000 m apresentou área de 156,670 m² em um perímetro 124,715 m, com um pacote sedimentar de 783,350 m³. E por fim, o perfil de estaqueamento de 20,000 m mostrou área de 164,040 m² em um perímetro de 124,670 m, cujo volume sedimentar foi de 820,20 m³. A diferença de volume sedimentar entre o estaqueamento de 5,000 m e 20,000 m foi 42,100 m³.

Quadro 16: Dados de perímetro (m), área (m²), largura (m) e volume (m³) oriundos do perfil topográfico de nivelamento hidrostático com mangueira de nível do experimento II (teste piloto).

Amostra	Perímetro (m)	Área (m ²)	Largura (m)	Volume (m ³)
Estaqueamento de 5 m	124,792	155,620	5,000	778,100
Estaqueamento de 10 m	124,715	156,670	5,000	783,350
Estaqueamento de 20 m	124,670	164,040	5,000	820,200

4.2.2.3 Levantamento geodésico por posicionamento relativo com *Real Time Kinematic* (RTK)

O levantamento geodésico por posicionamento relativo com o RTK consiste na obtenção da posição de um ponto em relação a outro, cujas coordenadas (x, y) devem ser conhecidas. Neste caso, os elementos que compõem a linha base, ou seja, DX, DY e DZ, são determinados e, ao serem acrescentadas as coordenadas do ponto base, proporcionam as coordenadas do ponto desejado pelo método da triangulação.

A base do equipamento foi estacionada e nivelada em um ponto de coordenadas não conhecidas, porém, de altitude ortométrica conhecida (5,521 m). Foi possível configurar a base do equipamento por meio da coletora, informando a altura da antena e obtendo uma coordenada provisória no módulo de navegação.

O tempo de rastreamento da base foi de 3 horas, 11 minutos e 30 segundos. Dessa forma, foi respeitado o tempo mínimo (30 minutos) de rastreamento para o comprimento da linha de base situada entre 10 a 20 km com frequência L1 e L2, conforme a Norma Técnica para Georeferenciamento de Imóveis Rurais do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Posteriormente, foi configurado o *rover* e iniciado o levantamento de dados (x, y, z).

Os dados da base do RTK foram processados a partir de duas Redes Brasileiras de Monitoramento Contínuo (RBMC), nomeadas de CEEU e CEFT em SIRGAS 2000. Após o processamento foram determinadas as coordenadas UTM (9.577.514,310 N / 566.325,137 E), as coordenadas Geográficas (03°49'19,54260" S / 38°24'09,51753" W) e a altitude geométrica (-3,309 m) da base, com desvio padrão de 0,003 m na horizontal (H) e 0,005 m na vertical (V). Em seguida, os dados oriundos do *Rover* foram processados para obter as coordenadas e a altitude geométrica dos pontos.

A altitude determinada pelo RTK é referida à superfície do elipsoide, conhecida como altitude geométrica ou altitude elipsoidal (h). Entretanto, a superfície de referência

altimétrica adotada no território brasileiro é o geóide, ou seja, superfície referida ao nível médio dos mares. A altitude referida ao geóide é denominada de altitude ortométrica (H).

A partir das coordenadas geográficas em SIRGAS 2000 e do Programa MAPGEO 2010, disponível gratuitamente no *site* do IBGE, foi possível calcular a ondulação geoidal (N) das 13 estacas mensuradas com o RTK (quadro 17). O valor da ondulação geoidal (N) para as coordenadas geográficas informadas foram de -8,77 m e -8,78 m, entre as estacas 0 a 10 e entre as estacas 11 e 12, respectivamente (Quadro 17).

Quadro 17: Dados altimétricos oriundos do método de posicionamento relativo com RTK do experimento II (teste piloto).

Estacas	Leste (E)	Norte (N)	Altitude Elipsoidal (h)	Ondulação Geoidal (N)	Altitude Ortométrica (H)
0	566336,888	9577515,472	-5,335	-8,78	3,445
1	566341,746	9577516,585	-6,158	-8,78	2,622
2	566346,615	9577517,725	-5,923	-8,78	2,857
3	566351,492	9577518,878	-5,552	-8,78	3,228
4	566356,424	9577519,898	-5,359	-8,78	3,421
5	566361,331	9577520,998	-5,555	-8,78	3,225
6	566366,161	9577522,131	-6,117	-8,78	2,663
7	566371,076	9577523,199	-6,340	-8,78	2,440
8	566375,956	9577524,268	-6,169	-8,78	2,611
9	566380,845	9577525,348	-6,227	-8,78	2,553
10	566385,733	9577526,542	-6,683	-8,78	2,097
11	566390,587	9577527,622	-7,054	-8,77	1,716
12	566395,455	9577528,735	-7,526	-8,77	1,244

Foi constatado que o perfil praiial também não foi uniforme como os demais. Foram observadas variações na morfologia praiial com presença de depressões entre as estacas 0 e 4, e também, entre as estacas 4 e 8 (Figura 40). A altitude ortométrica variou de 3,445 m (estaca 0) a 1,244 m (estaca 12) numa extensão de 60 metros.

A diferença de nível (ΔN) entre as estacas 0 e 12 foi de 2,201 m em uma distância de 60 m. Portanto, a declividade em percentual foi de 3,67% e a declividade em graus foi de 2,10°. No Quadro 18 visualizamos as variações significativas de declividades entre as estacas.

Quadro 18: Dados de diferenças de nível (ΔN), distâncias horizontais, declividades (percentual e graus) e classificações decorrentes do método de posicionamento relativo com RTK do experimento II (teste piloto).

Estacas	ΔN (m)	Distâncias Horizontais (m)	Declividades (%)	Declividades ($^{\circ}$)	Classificações
0 - 1	0,823	4,984	16,51	9,38	Declive
1 - 2	0,235	5,001	4,70	2,69	Aclive
2 - 3	0,371	5,011	7,40	4,23	Aclive
3 - 4	0,193	5,035	3,83	2,20	Aclive
4 - 5	0,196	5,029	3,90	2,23	Declive
5 - 6	0,562	4,961	11,33	6,46	Declive
6 - 7	0,223	5,030	4,43	2,54	Declive
7 - 8	0,171	4,996	3,42	1,96	Aclive
8 - 9	0,058	5,007	1,16	0,66	Declive
9 - 10	0,456	5,031	9,06	5,18	Declive
10 - 11	0,371	4,973	7,46	4,27	Declive
11 - 12	0,472	4,994	9,45	5,40	Declive

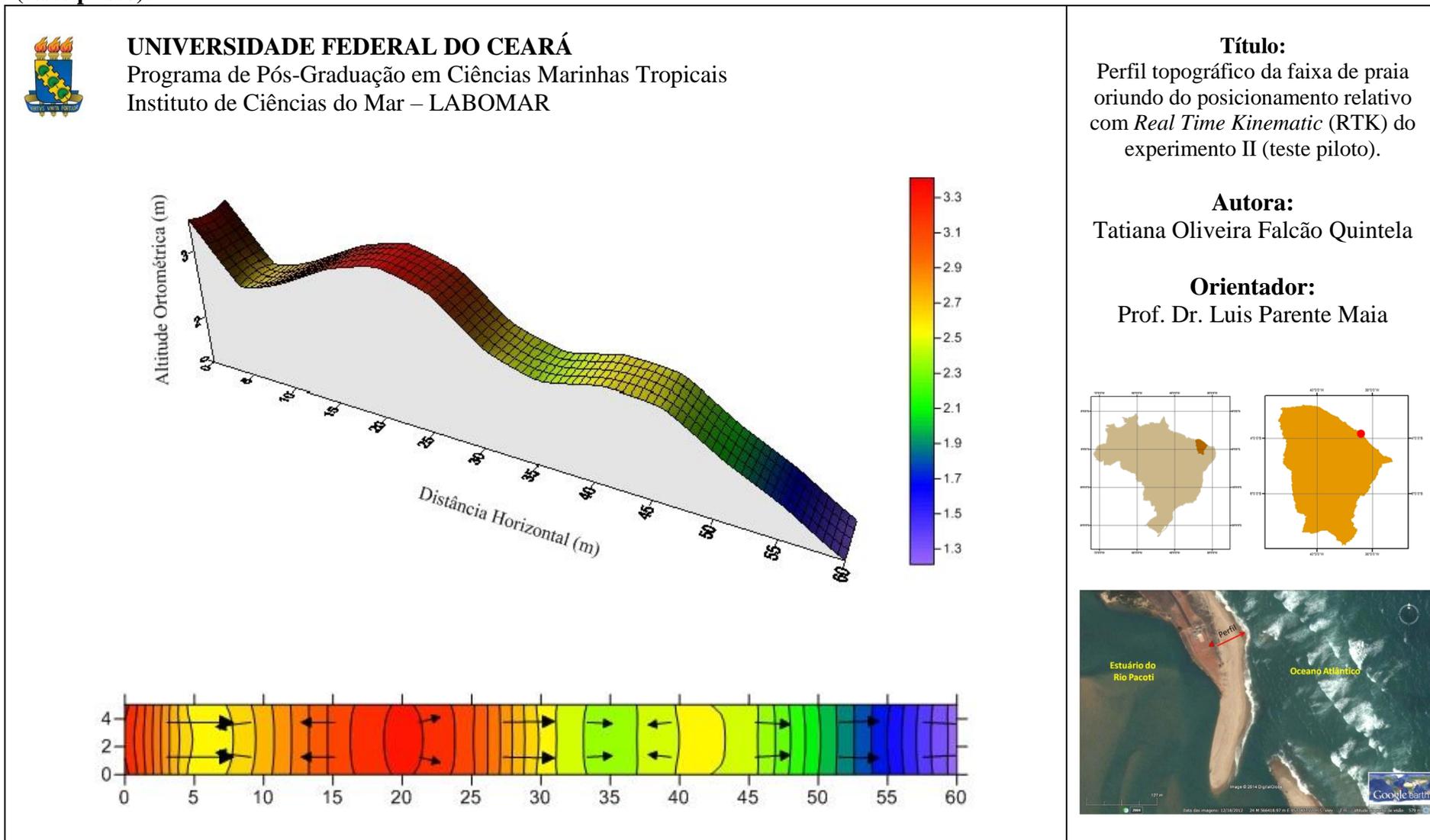
Foram extraídos informações do perfil topográfico considerando estaqueamentos de 5,000 m, 10,000 m e 20,000 m, e admitindo-se, linha de referência de altitude ortométrica de 0,000 m e largura de 5,000 m (Quadro 19).

Quadro 19: Dados de perímetro (m), área (m²), largura (m) e volume (m³) oriundos do método de posicionamento relativo com RTK do experimento II (teste piloto).

Amostra	Perímetro (m)	Área (m ²)	Largura (m)	Volume (m ³)
Estaqueamento de 5 m	124,880	158,888	5,000	794,440
Estaqueamento de 10 m	124,801	159,935	5,000	799,675
Estaqueamento de 20 m	124,752	167,530	5,000	837,650

O perfil topográfico de estaqueamento de 5,000 m apresentou uma área de 158,888 m² em um perímetro 124,880 m, com pacote sedimentar de 794,44 m³. Já na seção de estaqueamento de 10,000 m a área foi de 156,670 m² em um perímetro 124,715 m, com um pacote sedimentar de 783,350 m³. O perfil de estaqueamento de 20,000 m mostrou área de 164,040 m² em um perímetro de 124,670 m, cujo volume sedimentar foi de 820,20 m³. A diferença de volume sedimentar entre o estaqueamento de 5,000 m e 20,000 m foi 42,100 m³.

Figura 40: Perfil topográfico da faixa de praia oriundo do posicionamento relativo com Real Time Kinematic (RTK) do experimento II (teste piloto).



4.2.4. Análise comparativa dos métodos e equipamentos

Foi verificado que os valores apresentados pelo nivelamento geométrico com nível e pelo método hidrostático com mangueira de nível apresentaram valores de perímetro (m), área (m²) e volume (m³) bem próximos, ratificando novamente a eficácia de ambos os métodos na obtenção de dados altimétrico referidos ao nível médio dos mares.

A distância vertical (altitude ortométrica) mensurada por método de posicionamento relativo apresentou uma pequena variação em relação ao método de nivelamento geométrico e o método hidrostático por mangueira de nível.

Foram constatados que os dados de distâncias verticais (altitude ortométrica) obtidos por métodos e equipamentos distintos, apresentaram média aritmética variando de 3,439 m (estaca 0) a 1,238 m (estaca 12). O desvio padrão variou de $\pm 0,045$ m (estaca 2) a $\pm 0,073$ m (estaca 9). A variância apresentou valores mínimo e máximo de 0,002 m a 0,005 m, respectivamente (Quadro 20).

Ao excluir os dados oriundos do método de posicionamento relativo com RTH foi constatado melhores resultados no desvio padrão, na variância, e também no coeficiente de variância (quadro 21). No quadro 20 o coeficiente de variação foi de 1,410% a 4,681% e no quadro 21 foi de 0,000% a 0,881% ao excluir os dados oriundos do método de posicionamento por RTK.

A diferença do pacote sedimentar do perfil praiial foi 0,115 m³ no estaqueamento de 5 m, 0,775 m³ no estaqueamento de 10 m e 1,550 m³ no estaqueamento de 20 m entre o método de nivelamento geométrico com nível e o método hidrostático com mangueira de nível.

O método de posicionamento relativo com RTK foi dos três que apresentou uma maior dispersão nos resultados. Considerando o nivelamento geométrico como referência constatamos uma diferença de volume sedimentar mais significativo do que o método hidrostático com mangueira de nível. Foi evidenciado uma diferença de 16,225 m³ no

estaqueamento de 5 m, 15,550 m³ no estaqueamento de 10 m e 15,900 m³ no estaqueamento de 20 m.

O tempo gasto para estaquear o terreno foi de 38 minutos devido a morfologia do terreno (desníveis). O método e equipamento mais demorado na coleta de dados foi o método hidrostático com mangueira de nível, seguido do método geométrico simples com nível, e por último, o método de posicionamento relativo por RTK.

Foi verificado a necessidade de aumentar a quantidade de amostras, tanto no sentido perpendicular quanto no sentido longitudinal à faixa de praia para obter resultados mais concretos de cada método e equipamento. E além disso, foi observado a necessidade de determinar um método e equipamento para referência e comparação dos dados altimétricos.

Quadro 20: Análise estatística de todos os dados de altitude obtidos por métodos de nivelamento geométrico composto simples, de nivelamento hidrostático com mangueira de nível e posicionamento relativo com RTK.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	3,411	3,411	3,495	3,439	3	-0,028	-0,028	0,056	0,001	0,001	0,003	0,005	0,048	0,028	0,0023520	1,410
1	2,582	2,591	2,672	2,615	3	-0,033	-0,024	0,057	0,001	0,001	0,003	0,005	0,050	0,029	0,0024570	1,896
2	2,831	2,828	2,907	2,855	3	-0,024	-0,027	0,052	0,001	0,001	0,003	0,004	0,045	0,026	0,0020043	1,568
3	3,179	3,178	3,278	3,212	3	-0,033	-0,034	0,066	0,001	0,001	0,004	0,007	0,057	0,033	0,0033003	1,789
4	3,358	3,355	3,471	3,395	3	-0,037	-0,040	0,076	0,001	0,002	0,006	0,009	0,066	0,038	0,0043723	1,948
5	3,158	3,158	3,275	3,197	3	-0,039	-0,039	0,078	0,002	0,002	0,006	0,009	0,068	0,039	0,0045630	2,113
6	2,598	2,600	2,713	2,637	3	-0,039	-0,037	0,076	0,002	0,001	0,006	0,009	0,066	0,038	0,0043330	2,496
7	2,393	2,395	2,490	2,426	3	-0,033	-0,031	0,064	0,001	0,001	0,004	0,006	0,055	0,032	0,0030730	2,285
8	2,548	2,543	2,661	2,584	3	-0,036	-0,041	0,077	0,001	0,002	0,006	0,009	0,067	0,039	0,0044530	2,582
9	2,476	2,478	2,603	2,519	3	-0,043	-0,041	0,084	0,002	0,002	0,007	0,011	0,073	0,042	0,0052930	2,888
10	2,036	2,037	2,147	2,073	3	-0,037	-0,036	0,074	0,001	0,001	0,005	0,008	0,064	0,037	0,0040703	3,077
11	1,658	1,657	1,776	1,697	3	-0,039	-0,040	0,079	0,002	0,002	0,006	0,009	0,068	0,040	0,0046810	4,032
12	1,212	1,197	1,304	1,238	3	-0,026	-0,041	0,066	0,001	0,002	0,004	0,007	0,058	0,033	0,0033563	4,681

X₁ = método por nivelamento geométrico com nível

X₂ = método hidrostático com mangueira de nível

X₃ = método de posicionamento relativo com RTK

X = média aritmética das altitudes

n = número de amostras

d_i = desvio em relação à média (X)

d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X)

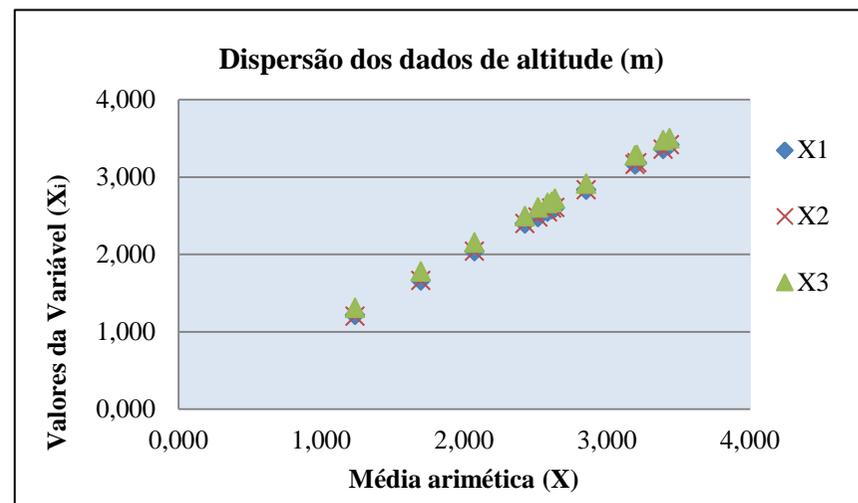
Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X)

m = desvio padrão de uma observação

M = desvio padrão da média das observações

V = variância

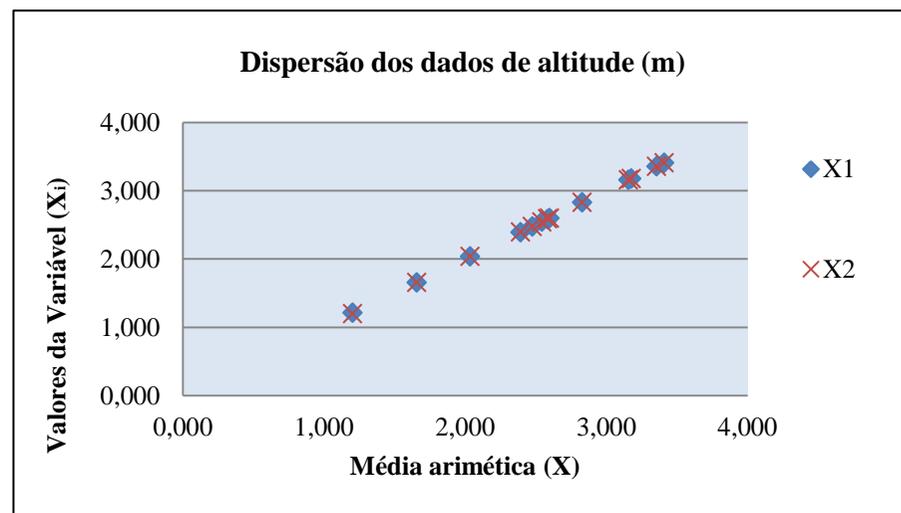
CV = coeficiente de variação



Quadro 21: Análise estatística de todos os dados de altitude obtidos por método de nivelamento geométrico composto simples e por método de nivelamento hidrostático com mangueira de nível.

Estacas	Altitudes (m)		Análises Estatísticas										
	X ₁	X ₂	X	n	d ₁	d ₂	d ² ₁	d ² ₂	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	3,411	3,411	3,411	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000000	0,000
1	2,582	2,591	2,587	2	-0,005	0,005	0,000	0,000	0,000	0,006	0,005	0,0000405	0,246
2	2,831	2,828	2,830	2	0,001	-0,002	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,0000045	0,075
3	3,179	3,178	3,179	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,0000005	0,022
4	3,358	3,355	3,357	2	0,001	-0,002	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,0000045	0,063
5	3,158	3,158	3,158	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000000	0,000
6	2,598	2,600	2,599	2	-0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,0000020	0,054
7	2,393	2,395	2,394	2	-0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,0000020	0,059
8	2,548	2,543	2,546	2	0,002	-0,002	0,000	0,000	0,000	0,004	0,002	0,0000125	0,139
9	2,476	2,478	2,477	2	-0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,0000020	0,057
10	2,036	2,037	2,037	2	-0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,0000005	0,035
11	1,658	1,657	1,658	2	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,0000005	0,043
12	1,212	1,197	1,205	2	0,008	-0,008	0,000	0,000	0,000	0,011	0,008	0,0001125	0,881

X₁ = método por nivelamento geométrico com nível
 X₂ = método hidrostático com mangueira de nível
 X₃ = método de posicionamento relativo com RTK
 X = média aritmética das altitudes
 n = número de amostras
 d_i = desvio em relação à média (X)
 d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X)
 Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X)
 m = desvio padrão de uma observação
 M = desvio padrão da média das observações
 V = variância
 CV = coeficiente de variação



4.2.2. Linha de costa

A partir da diferença de cor da areia e da presença de objetos na praia foi possível coletar dados planimétricos ao longo da linha de costa. Tais dados foram obtidos por meio dos seguintes métodos e equipamentos:

- Levantamento topográfico por caminamento de poligonal fechada com estação total;
- Levantamento geodésico por posicionamento relativo com *Real Time Kinematic* (RTK);
- Levantamento geodésico por posicionamento absoluto com Receptor de Posicionamento Global (GPS);

4.2.2.1. Levantamento topográfico por caminamento de poligonal fechada com estação total

O levantamento topográfico por poligonal fechada consiste em determinar dentro ou fora da área a ser levantada um polígono fechado. Neste levantamento, foi determinado um polígono de três vértices, nomeadas de estação A (9.577.474,967 N / 566.348,979 E), B (9.577.445,708 N / 566.359,116 E) e C (9.577.434,161 N / 566.348,519 E).

Como a poligonal fechada foi de três vértices e o caminamento do levantamento foi realizado no sentido horário, temos que: o somatório dos ângulos externos (visadas vantes) mensurados foi de $900^{\circ}00'07''$ (quadro 22). Já o somatório dos ângulos externos calculados foi de $900^{\circ}00'00''$. Dessa forma, o erro de fechamento angular do levantamento (Efa) foi de $00^{\circ}00'07''$.

O erro de tolerância angular (Ta) para o tipo de levantamento realizado foi de $6''$ (precisão angular do equipamento) vezes a raiz quadrada do número de vértices. Dessa forma, a tolerância angular foi de $0^{\circ}0'10''$. Portanto, concluí-se que o levantamento realizado está dentro do erro permitido, pois, o erro de fechamento angular (Efa) foi menor do que a tolerância angular (Ta).

Quadro 22: Dados referentes ao levantamento topográfico por poligonal fechada do experimento II (teste piloto).

Estação	Tipo	Nome	Descrição	Ângulo horizontal	Distância horizontal (m)
A	Ré	C	ESTAÇÃO	0°00'00"	40,863
A	Vante	B	ESTAÇÃO	340°14'38"	31,088
A	Irradiado	1	ESTACA	196°02'45"	56,446
A	Irradiado	2	ESTACA	200°47'22"	47,749
A	Irradiado	3	ESTACA	207°20'23"	39,732
A	Irradiado	4	ESTACA	216°30'19"	32,584
A	Irradiado	5	ESTACA	231°48'50"	26,280
A	Irradiado	6	ESTACA	252°40'34"	21,387
A	Irradiado	7	ESTACA	279°38'36"	21,069
A	Irradiado	8	ESTACA	302°26'01"	24,986
A	Irradiado	9	ESTACA	316°15'10"	31,767
A	Irradiado	10	ESTACA	323°58'36"	39,871
A	Irradiado	11	ESTACA	327°47'52"	49,068
A	Irradiado	12	ESTACA	332°10'13"	57,548
A	Irradiado	13	ESTACA	334°56'42"	67,058
A	Irradiado	14	ESTACA	336°43'29"	76,342
A	Irradiado	15	ESTACA	338°57'09"	85,385
A	Irradiado	16	ESTACA	340°43'25"	94,294
A	Irradiado	17	ESTACA	343°02'41"	103,709
B	Ré	A	ESTAÇÃO	0°00'00"	31,088
B	Vante	C	ESTAÇÃO	241°53'59"	15,679
B	Irradiado	1	ESTACA	186°57'56"	82,203
B	Irradiado	2	ESTACA	189°05'32"	91,239
B	Irradiado	3	ESTACA	191°10'54"	100,610
B	Irradiado	4	ESTACA	194°23'33"	111,853
B	Irradiado	5	ESTACA	195°26'16"	120,772
B	Irradiado	6	ESTACA	197°11'45"	130,822
B	Irradiado	7	ESTACA	197°44'02"	139,657
B	Irradiado	8	ESTACA	198°35'37"	149,546
B	Irradiado	9	ESTACA	199°03'30"	157,609
B	Irradiado	10	ESTACA	201°46'12"	168,481
B	Irradiado	11	ESTACA	201°55'59"	158,834
B	Irradiado	12	ESTACA	202°19'01"	148,683
B	Irradiado	13	ESTACA	202°19'25"	139,092
B	Irradiado	14	ESTACA	202°22'07"	129,445
B	Irradiado	15	ESTACA	202°19'55"	119,927
B	Irradiado	16	ESTACA	202°44'49"	109,852
B	Irradiado	17	ESTACA	203°01'42"	99,859
B	Irradiado	18	ESTACA	203°22'03"	89,907
B	Irradiado	19	ESTACA	203°50'25"	79,575
B	Irradiado	20	ESTACA	201°18'29"	68,751
B	Irradiado	21	ESTACA	203°20'21"	58,810
B	Irradiado	22	ESTACA	205°07'58"	49,014
B	Irradiado	23	ESTACA	206°51'27"	39,670
B	Irradiado	24	ESTACA	205°43'41"	32,487
C	Ré	B	ESTAÇÃO	0°00'00"	15,679
C	Vante	A	ESTAÇÃO	317°51'30"	40,863
C	Irradiado	1	ESTACA	118°49'39"	21,701
C	Irradiado	2	ESTACA	127°01'55"	11,376
C	Irradiado	3	ESTACA	147°19'46"	7,702

Como as distâncias entre as estações AB (31,088 m), BC (15,679 m) e CA (40,863 m) da poligonal apresentaram distâncias horizontais distintas foi adotado o critério dos pesos para distribuição do erro da poligonal baseando-se que o erro angular é inversamente proporcional ao comprimento da visada.

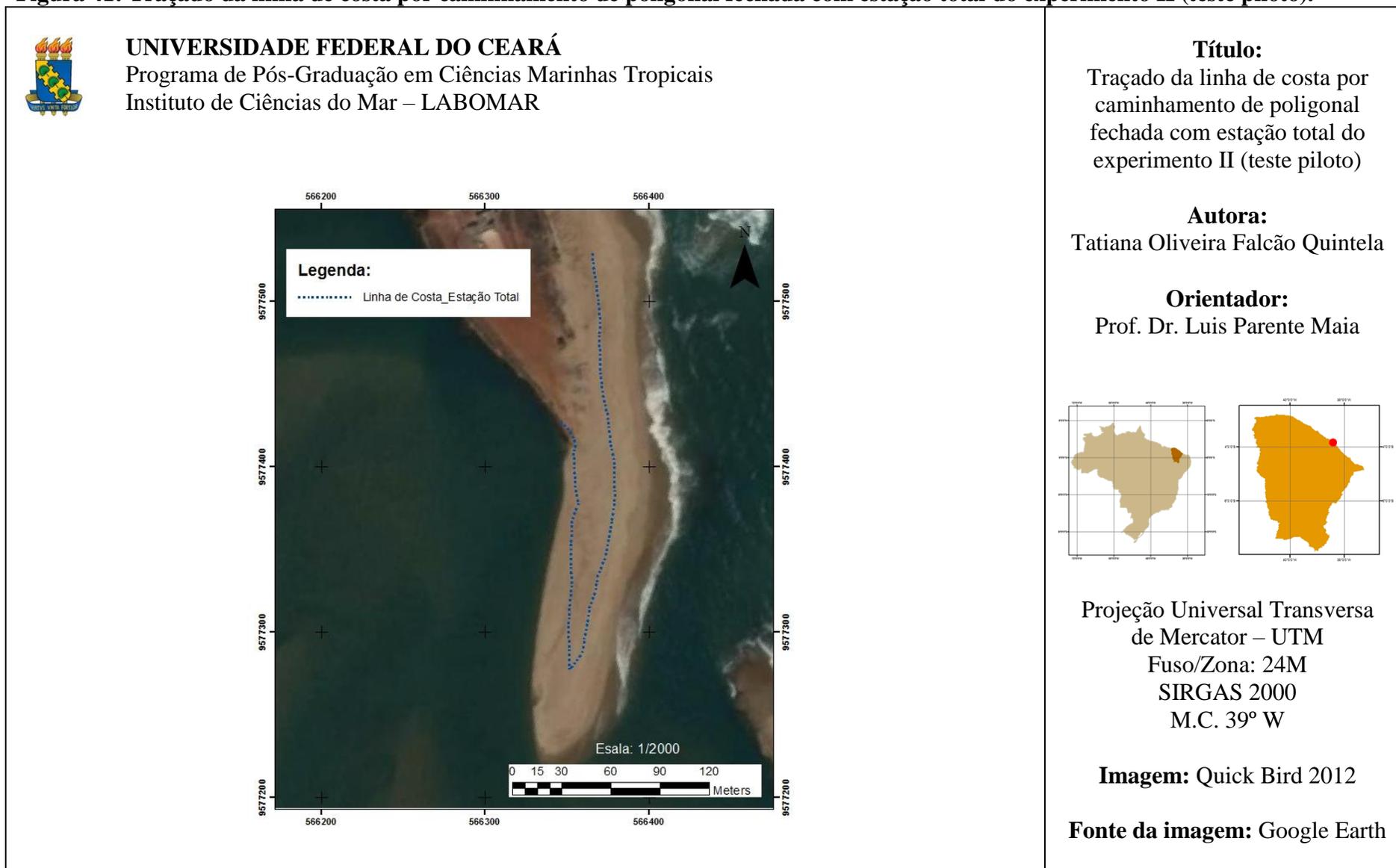
Após o ajustamento dos ângulos da poligonal, procedeu-se o cálculo dos azimutes dos demais lados da poligonal. A partir do azimute inicial do alinhamento AC ($180^{\circ}38'45''$) foi possível calcular os azimutes dos demais alinhamentos, BC ($222^{\circ}46'4''$) e CA ($0^{\circ}38'46''$).

Posteriormente foram calculadas as projeções naturais, conhecidas também por coordenadas parciais. Dessa forma, foi possível determinar o erro de fechamento linear (ΔX e ΔY) a partir dos somatórios das projeções naturais.

O levantamento realizado por poligonal fechada apresentou um erro de fechamento linear em “X” correspondente a -0,012m e de “Y” correspondente de -0,026m. No caso, o somatório dos eixos “X” e dos eixos “Y” deveria ambos, serem iguais a zero. Constatou-se que o perímetro e a área da poligonal foram de 87,629 m e 215,222 m², respectivamente. Após a compensação dos erros angulares e lineares, o perímetro e a área da poligonal foram para 87,628m e 214,871m², respectivamente.

Posteriormente, foi realizado o ajustamento angular e linear das irradiações (pontos levantados para traçar a linha de costa). Após o processamento dos dados foi confeccionado a planta baixa do traçado da linha de costa na escala 1/2000 (Figura 41).

Figura 41: Traçado da linha de costa por caminhamento de poligonal fechada com estação total do experimento II (teste piloto).

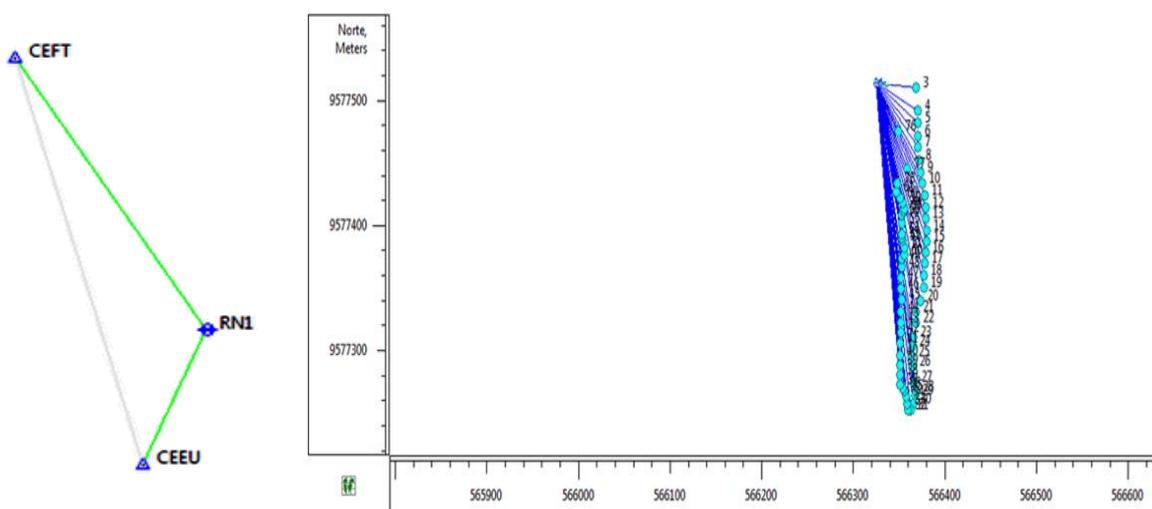


4.2.2.2. Levantamento geodésico por posicionamento relativo com *Real Time Kinematic* (RTK)

O levantamento geodésico por posicionamento relativo foi aplicado com o objetivo de obter dados referentes ao traçado da linha de costa por coordenadas UTM. O método consistiu na instalação de um equipamento fixo em um ponto denominado de base, e o outro equipamento denominado de *rover* (figura35).

Os dados da base foram processados a partir das Redes Brasileiras de Monitoramento Contínuo (RBMC) do Sistema Global de Navegação por Satélites das estações de Fortaleza para determinar as suas coordenadas em SIRGAS 2000. Posteriormente, os dados do *rover* foram processados e corrigidos (Figura 42). Observou-se que os desvios padrões na horizontal (m) das estações CEEU, CEFT e da base (novo marco) foram de 0,001m, 0,003 e 0,012m, respectivamente

Figura 42: Representação gráfica de triangulação e dos pontos mensurados com o RTK.
(A) Triangulação (B) Pontos Mensurados

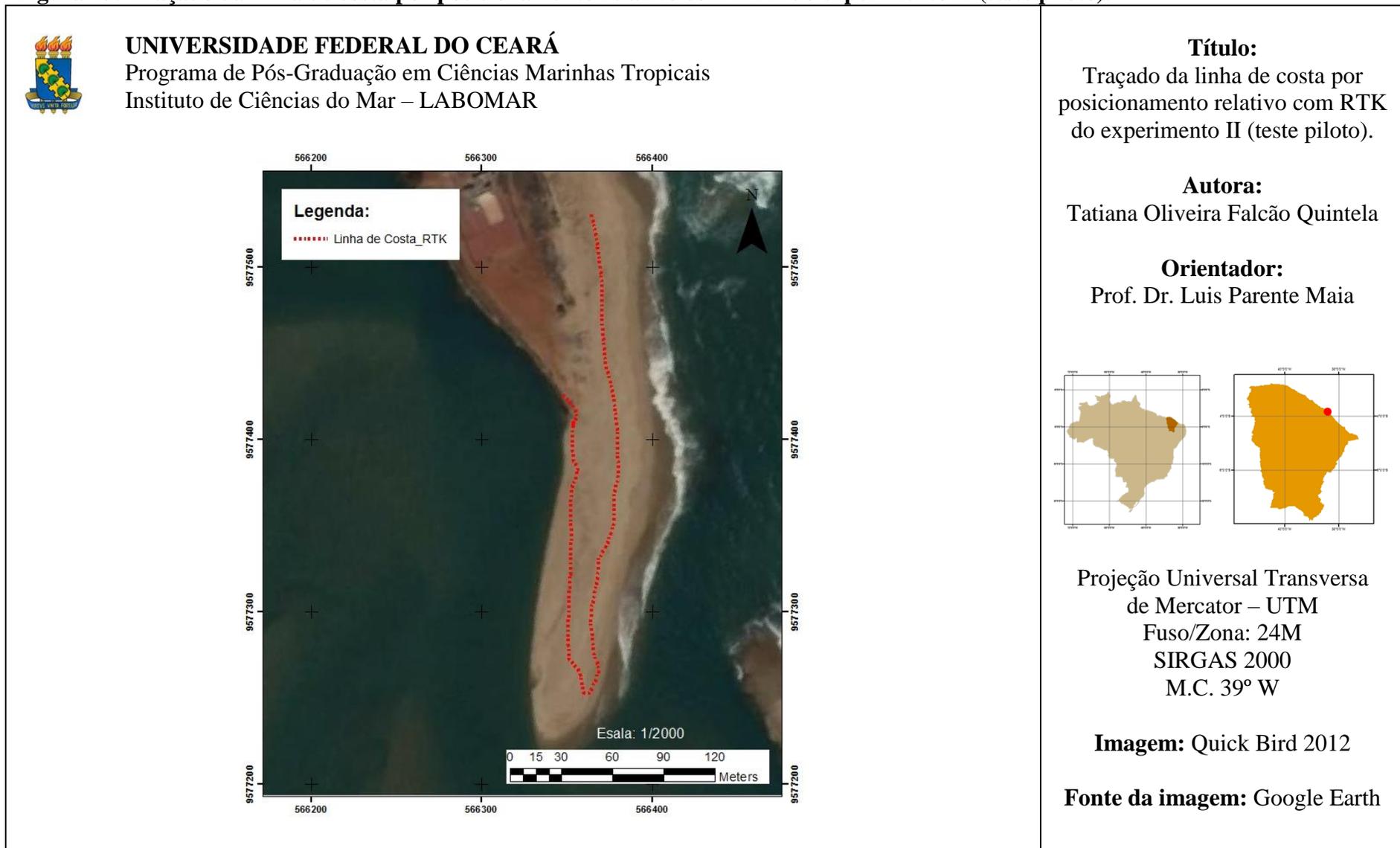


Foram coletados 61 pontos com suas respectivas coordenadas UTM e *datum* em SIRGAS 2000 (quadro 23). Os dados foram processados no programa ArcView GIS 10 na escala 1/2000 (Figura 42).

Quadro 23: Dados referentes ao levantamento geodésico por posicionamento relativo.

NOME	DESCRIÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE	NOME	DESCRIÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE
MARCO	Estaca	9577514,310	566325.137	31	Estaca	9577252,751	566362,629
1	Estaca	9577530,478	566364.527	32	Estaca	9577252,926	566359,968
2	Estaca	9577522,135	566366.283	33	Estaca	9577257,084	566358,952
3	Estaca	9577509,942	566368.187	34	Estaca	9577263,749	566357,477
4	Estaca	9577491,868	566370.544	35	Estaca	9577267,828	566355,817
5	Estaca	9577481,726	566370.375	36	Estaca	9577269,827	566353,832
6	Estaca	9577471,918	566370.468	37	Estaca	9577272,911	566351,286
7	Estaca	9577462,343	566370.726	38	Estaca	9577280,593	566350,659
8	Estaca	9577452,003	566371.712	39	Estaca	9577288,354	566350,616
9	Estaca	9577442,318	566372,820	40	Estaca	9577296,672	566350,906
10	Estaca	9577433,267	566375,578	41	Estaca	9577305,862	566351,264
11	Estaca	9577424,158	566377,748	42	Estaca	9577314,378	566351,731
12	Estaca	9577414,735	566378,799	43	Estaca	9577321,937	566352,073
13	Estaca	9577405,366	566379,439	44	Estaca	9577331,402	566352,254
14	Estaca	9577396,193	566379,732	45	Estaca	9577340,793	566352,405
15	Estaca	9577387,060	566380,024	46	Estaca	9577349,623	566352,142
16	Estaca	9577378,110	566379,358	47	Estaca	9577357,961	566352,326
17	Estaca	9577369,580	566377,728	48	Estaca	9577366,479	566352,412
18	Estaca	9577360,303	566377,373	49	Estaca	9577373,911	566353,247
19	Estaca	9577350,366	566377,121	50	Estaca	9577376,629	566355,372
20	Estaca	9577339,382	566372,833	51	Estaca	9577382,779	566356,213
21	Estaca	9577331,198	566368,592	52	Estaca	9577387,907	566353,525
22	Estaca	9577322,647	566368,008	53	Estaca	9577389,815	566352,520
23	Estaca	9577311,097	566365,749	54	Estaca	9577393,548	566353,032
24	Estaca	9577303,627	566364,575	55	Estaca	9577401,432	566353,205
25	Estaca	9577295,414	566363,673	56	Estaca	9577408,209	566353,145
26	Estaca	9577287,259	566364,623	57	Estaca	9577411,233	566354,346
27	Estaca	9577275,206	566366,086	58	Estaca	9577413,380	566355,676
28	Estaca	9577267,341	566368,698	59	Estaca	9577418,692	566353,694
29	Estaca	9577263,790	566367,264	60	Estaca	9577422,552	566350,836
30	Estaca	9577257,820	566365,475	61	Estaca	9577426,600	566347,120

Figura 43: Traçado da linha de costa por posicionamento relativo com RTK do experimento II (teste piloto).



4.2.2.3. Levantamento geodésico por posicionamento absoluto com receptor de Sistema de Posicionamento Global (GPS)

Nesse levantamento geodésico por posicionamento absoluto foi realizado o caminhamento da linha de costa com o uso do receptor de Sistema de Posicionamento Global (GPS). Foram coletados 68 pontos com suas respectivas coordenadas UTM, em SIRGAS 2000, Fuso/Zona 24M (Quadro 24).

Quadro 24: Dados referentes ao levantamento geodésico por posicionamento absoluto.

Nome	Norte (N)	Leste (E)	Nome	Norte (N)	Leste (E)
1	9577498	566367	35	9577271	566365
2	9577490	566367	36	9577268	566366
3	9577484	566368	37	9577264	566365
4	9577478	566368	38	9577260	566363
5	9577471	566366	39	9577262	566359
6	9577465	566368	40	9577266	566357
7	9577456	566369	41	9577273	566353
8	9577451	566369	42	9577280	566352
9	9577448	566370	43	9577285	566351
10	9577438	566371	44	9577292	566352
11	9577438	566371	45	9577295	566351
12	9577430	566376	46	9577302	566351
13	9577425	566376	47	9577305	566352
14	9577425	566376	48	9577311	566352
15	9577414	566378	49	9577312	566352
16	9577403	566378	50	9577319	566352
17	9577392	566379	51	9577326	566352
18	9577385	566380	52	9577332	566354
19	9577378	566376	53	9577336	566353
20	9577366	566376	54	9577345	566353
21	9577359	566376	55	9577352	566353
22	9577350	566375	56	9577362	566354
23	9577341	566372	57	9577372	566354
24	9577336	566370	58	9577382	566357
25	9577331	566368	59	9577385	566359
26	9577323	566367	60	9577391	566356
27	9577312	566365	61	9577394	566351
28	9577307	566363	62	9577399	566354
29	9577304	566364	63	9577405	566355
30	9577304	566364	64	9577411	566355
31	9577297	566361	65	9577417	566357
32	9577288	566363	66	9577423	566355
33	9577281	566366	67	9577426	566351
34	9577271	566365	68	9577427	566345

Os dados obtidos pelo método de posicionamento absoluto com receptor de Sistema de Posicionamento Global (GPS) foram processados no programa *ArcView GIS 10* para gerar a linha de costa na escala 1/2000 (Figura 43).

4.2.2.4. Análise comparativa dos métodos e equipamentos.

Após a confecção do mapa referente a linha de costa por método e equipamentos distinto foi verificado que existe a necessidade de estaquear o terreno para realizar uma análise comparativa do traçado da linha de costa. Também foi verificado que a linha de costa obtida pelo método de caminamento por poligonal fechada e pelo método de posicionamento relativo com RTK se apresentaram quase uniforme, exceto ao sul (Figura 44). Fato decorrente da ausência de coleta de dados.

Foi observado que a linha de costa oriundo do método de posicionamento absoluto com receptor GPS mostrou uma linha menor do que as demais, pois, alguns pontos ficaram dispersos no local de coleta. A linha costa traçada a partir dos dados coletados com receptor GPS se apresentou menos uniforme do que as demais linhas geradas a partir da estação total e do RTK. Outro fator importante que se deve ser considerado é o fator de escala.

Figura 44: Traçado da linha de costa por posicionamento absoluto com receptor de Sistema de Posicionamento Global (GPS) do experimento II (teste piloto).

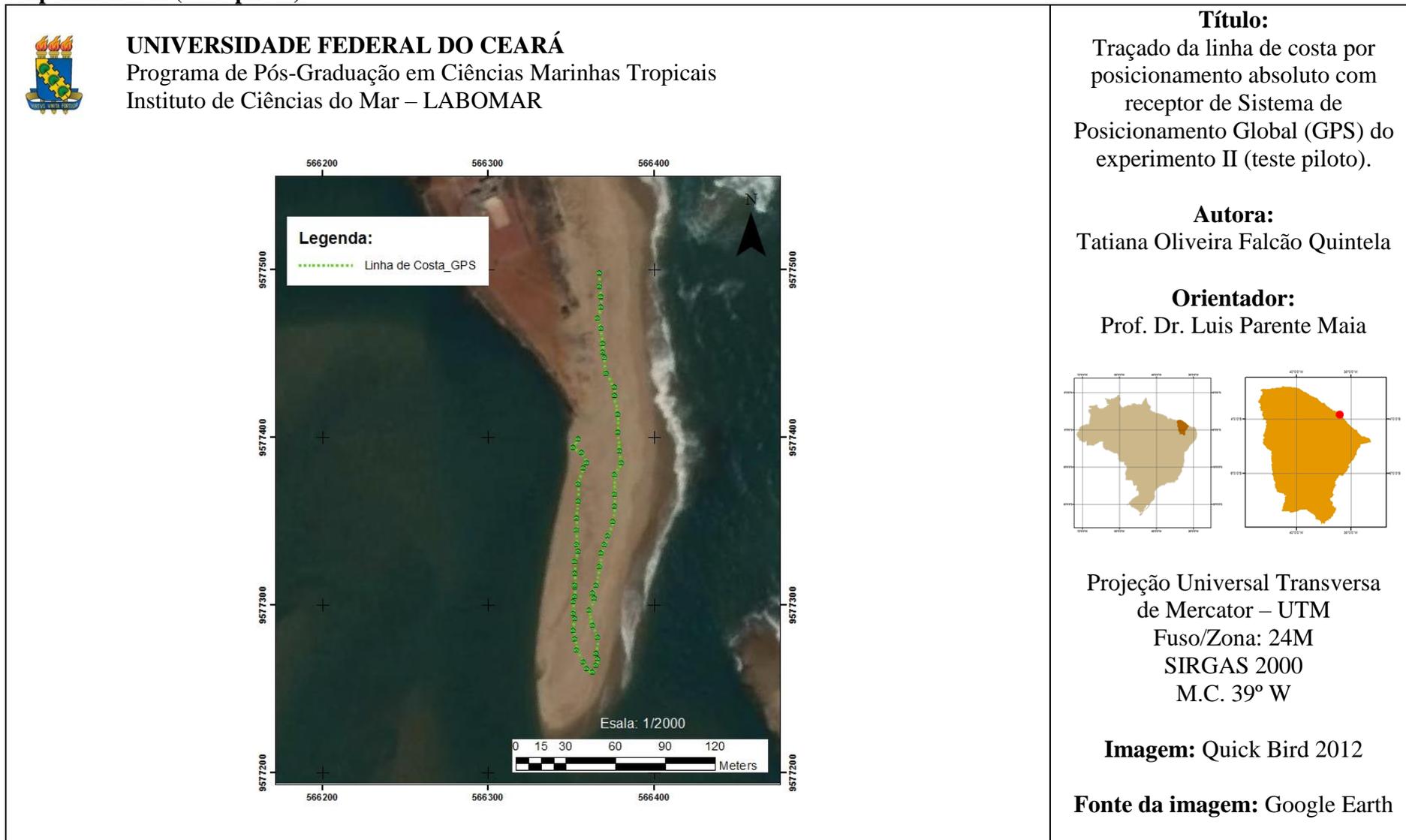
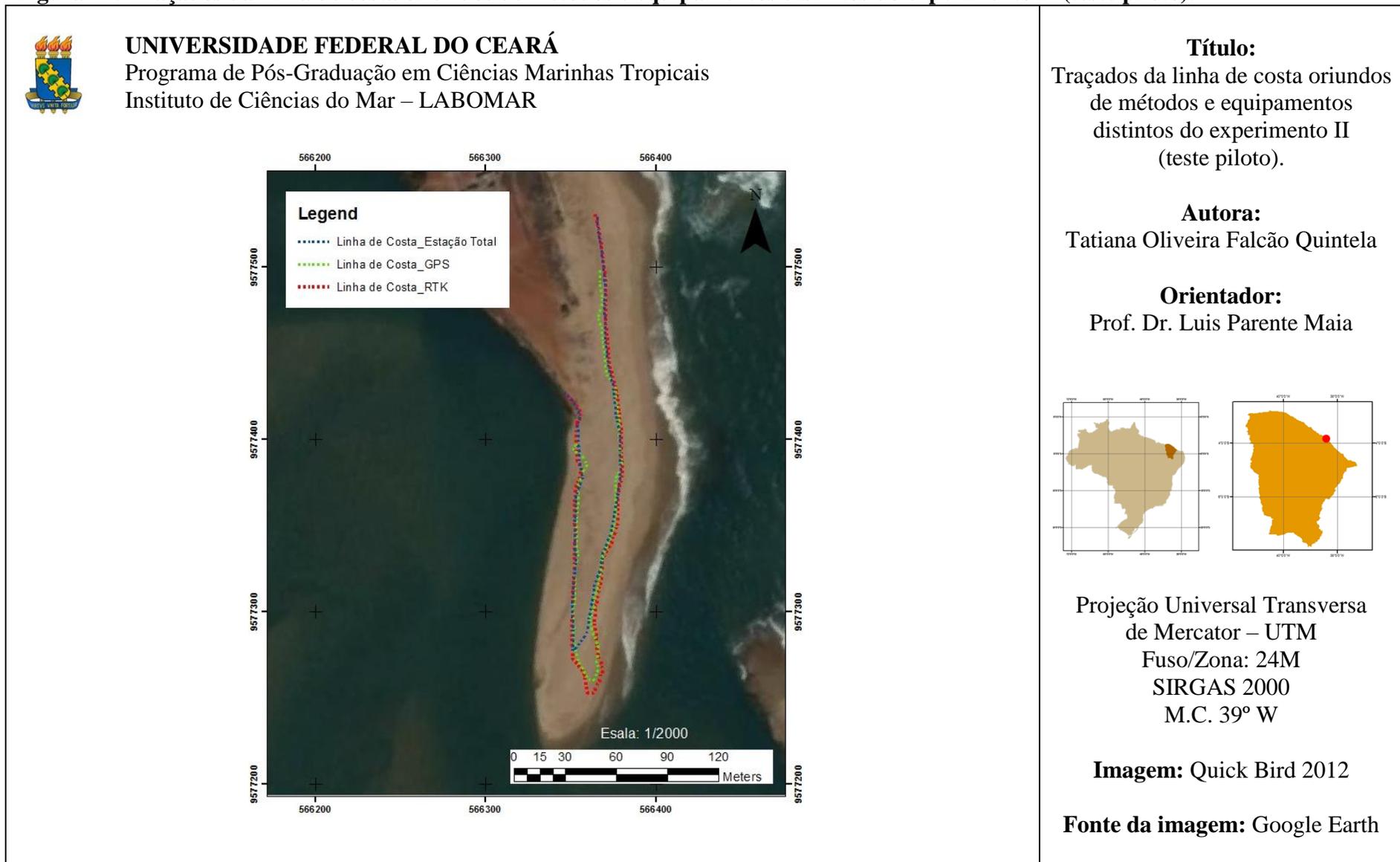


Figura 45: Traçados da linha de costa oriundos de métodos e equipamentos distintos do experimento II (teste piloto).



5. LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO E GEODÉSICO APLICADO NO MAPEAMENTO DA LINHA DE COSTA

A linha de costa nada mais é, do que uma área de interface do continente e do oceano, ou seja, o limite da ação efetiva do mar (DHN, 1966). Ratificam Suguio et al. (1985), Suguio (1992) e Webster (1988) que a linha de costa pode ser definida como o limite entre o continente e a porção adjacente ao mar, onde não há efetiva ação marinha no alcance máximo das ondas.

A linha de costa é uma das feições geomorfológicas mais dinâmicas do planeta (ROCHA et al., 2008) . E por ser dinâmica, não é uma tarefa fácil na comparação dos resultados. Segundo Oliveira (2005) “devemos entender a linha de costa como uma linha móvel, cuja posição é variável a todas as escalas quer sejam espaciais ou temporais. Os critérios que a definem devem por isso ser rigorosos, de forma a tornar comparáveis os resultados obtidos”.

De uma maneira geral, o monitoramento da linha de costa é de fundamental importância para o planejamento e gestão adequada da zona costeira. Morton (1997) e Pajak & Leatherman (2002) destacam que conhecer as mudanças da linha de costa no presente e no passado, como também, fazer projeções para o futuro, é uma ferramenta crucial para os projetos de engenharia e planejamento na zona costeira.

Stockson et al. (2002) relata que a posição e o deslocamento da linha de costa são variáveis que servem de indicadores de erosão (perda de sedimentos) ou de acréscimo (ganho de sedimentos). Além disso, a localização da linha de costa pode fornecer informações referentes à largura da faixa de praia (estirâncio), e a partir das cotas, obter o volume de sedimentos. Também pode ser utilizada para quantificar as taxas históricas de mudanças (MOORE, 2000).

Dessa forma, a melhor referência para caracterizar a posição da linha de costa em áreas costeiras arenosas, tem incidido na utilização da linha que marca o limite do nível do oceano durante a preamar viva (OLIVEIRA, 2005). Tal limite pode ser visualizado na mudança nítida de tonalidade nas areias da praia.

De um modo geral, as técnicas de geoprocessamento muito têm favorecido para traçar a evolução da linha de costa, e dessa forma, calcular taxas de recuo. Mas também, o uso de receptores de *Real Time Kinematic* (RTK) tem proporcionado a obtenção de dados com precisão milimétrica no que se referem às posições (coordenadas UTM ou coordenadas Geográfica).

Na literatura podemos apreciar diversos pesquisadores que realizam estudos referentes ao traçado da linha de costa a partir de levantamentos geodésicos, tais como: ALBUQUERQUE, 2013; BYRNES and HILAND (1993); CAMARGO, 2012; ESTEVES, 2004; FALCÃO-QUINTELA, 2011; FRENCH and LEATHERMAN (1994); MOURA, 2012; ABIB, 2011; CASSIANO et al., 2010; FALCÃO-QUINTELA, 2008; MOURA, 2008, PORTZ, 2008; MORTON et al., 1993; MOURA et al., 2007; PINHEIRO et al., 2006; OLIVEIRA, 2005; PINHEIRO, 2000; CARVALHO et al., 1994; DIAS, 1990; MAIA et al., 1997; PINHEIRO, 2000; ROCHA, 2000; ROCHA et al., 2008; ROCHA, 2013; SEGANTINE, 2002; ZEFERINO e KRUEGER, 2008; e dentre outros.

Das literaturas citadas, e dentre outras lidas, não foi encontrada a aplicação de levantamento topográfico para traçar a linha de costa, especificamente, o método do caminhamento por poligonal fechada. Tal método propicia a determinação do erro de fechamento angular e linear cometido na mensuração dos dados topográfico. Portanto, os dados obtidos com o levantamento topográfico servem de base para analisar os dados mensurados com o levantamento geodésico.

Dessa forma, o presente capítulo desta tese tem como objetivo realizar uma análise comparativa dos métodos adotados na mensuração de dados topográficos e geodésicos para traçar a linha de costa, esgrimindo as vantagens, as desvantagens e os tipos de cuidados.

O estudo foi realizado na faixa de praia situada na margem esquerda da desembocadura do Estuário do Rio Pacoti, no Município de Fortaleza, Ceará, na maré de sizígia do dia 15 de julho de 2014 (Figura 46).

Figura 46: Representação gráfica da área de levantamento para traçar a linha de costa.



Fonte: imagem *QuickBird* 2012 disponível no Google Earth.

A partir da diferença de cor da areia e da presença de objetos na praia foi possível distribuir um total de 19 piquetes de madeiras, ao longo da linha de costa. Dezesseis piquetes apresentavam estaqueamento de aproximadamente de 10,00 m linear, totalizando uma extensão de 160 metros. Os demais foram distribuídos com espaçamento menores (Figura 47). Dessa forma, o perímetro da linha de preamar foi de cerca 167,00 m.

Figura 47: Diferença de cor da areia e a distribuição de objetos serviram como indicador da linha de preamar.



Fonte: arquivo pessoal.

Para análise comparativa dos dados obtidos por diversos métodos e equipamentos foi determinado um único marco de referência com coordenadas UTM (9.577.474,645 N,

566.350,247 E) conhecidas. A altitude ortométrica (referida ao nível médio do mar) do marco é de 4,815 m. Os dados para traçar a linha de preamar foram obtidos por meio dos seguintes métodos e equipamentos:

- Levantamento topográfico por caminamento de poligonal fechada com estação total;
- Levantamento geodésico por posicionamento absoluto com Receptor de Posicionamento Global (GPS);
- Levantamento geodésico por posicionamento relativo com *Real Time Kinematic* (RTK).

5.1. Levantamento topográfico por caminamento de poligonal fechada com estação total.

O levantamento topográfico por poligonal fechada consiste em determinar dentro ou fora da área a ser levantada um polígono fechado, cujos vértices são utilizados para o levantamento de detalhes existentes. Com o auxílio de piquetes de madeira foi estabelecido de forma aleatória, um polígono de três vértices na faixa de praia, nomeadas de estação **A** (9.577.450,4580 N / 566.366,8777 E), **B** (9.577.469,7780 N / 566.356,7442 E) e **C** (9.577.469,7309 N / 566.360,9863 E), conforme a Figura 48.

Figura 48: Distribuição espacial dos vértices da poligonal próximo à desembocadura do estuário do Rio Pacoti.



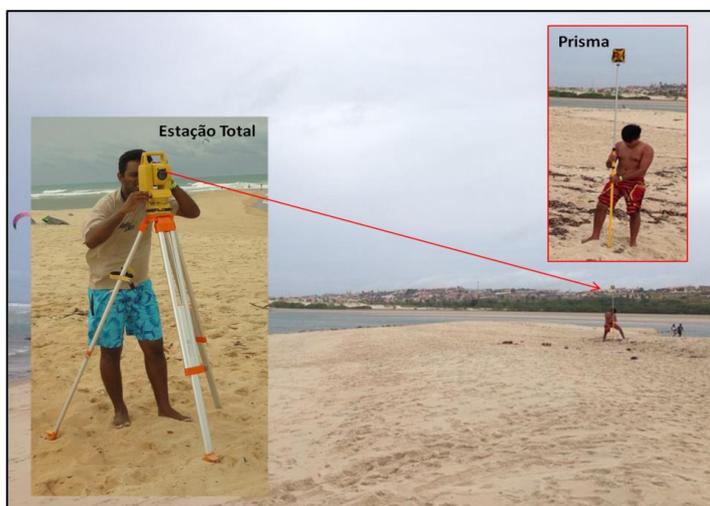
Fonte: imagem *QuickBird* 2012 disponível no Google Earth.

Em seguida, foi armado um tripé de alumínio numa altura que após a fixação da estação total, o observador ficasse numa posição confortável para realizar as leituras. Em

seguida, a estação total foi fixada ao tripé de alumínio com o uso do parafuso de fixação. O eixo vertical do equipamento foi estacionado em cima da estação “A” com o uso do prumo laser e depois, nivelado com o auxílio do nível de bolha circular e o nível de bolha tubular.

Após verificação do eixo vertical (prumo laser) e do nivelamento (nível de bolha circular e tubular) da estação total em cima do ponto topográfico, iniciou-se o levantamento posicionando o prisma sobre as estacas (Figura 49). O equipamento estacionado na estação “A” foi feita uma visada de ré para estação “C” para zerar o instrumento ($0^{\circ}0'0''$), e depois, foi feita uma visada vante para estação “B” para obter o valor do ângulo externo.

Figura 49: Levantamento de ângulos e distâncias com estação total para traçar a linha de costa.



Fonte: arquivo pessoal.

Posteriormente, foram medidos os irradiados para traçar a linha de costa. Após visar o maior número possível de irradiados da estação “A”, o equipamento foi desmontado e instalado sobre a estação “B” para dar continuidade ao mesmo procedimento aplicado na estação anterior. O procedimento de campo foi concluído após caminhar toda a poligonal.

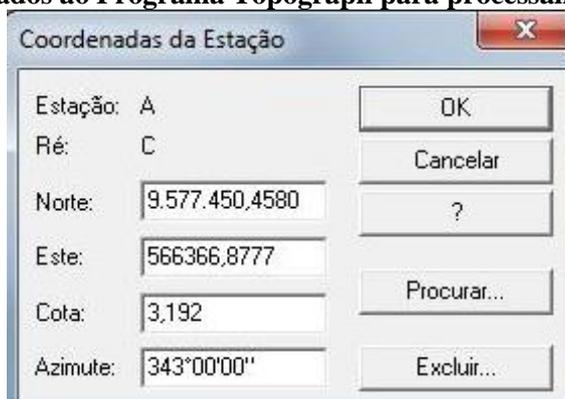
Foram mensurados da estação “A”, 13 estacas, sendo 12 referentes à linha de preamar e 01 referente à estaca de coordenadas conhecidas. Na estação B não foi realizado nenhum irradiado. E na estação C foram levantados 07 irradiados referentes à linha de costa. No quadro 25, temos os ângulos e distâncias oriundos do levantamento topográfico por caminhamento de poligonal fechada com estação total.

Quadro 25: Dados de ângulos e distâncias oriundos das visadas de re e vante da poligonal fechada do experimento III.

Estação	Tipo	Nome	Descrição	Ângulo horizontal	Distância horizontal (m)
A	Ré	C	Estação	00°00'00"	20,154
A	Vante	B	Estação	349°19'34"	21,815
A	Irradiado	0	Estaca	5°18'28"	110,242
A	Irradiado	1	Estaca	6°26'53"	100,490
A	Irradiado	2	Estaca	7°29'51"	90,643
A	Irradiado	3	Estaca	9°18'23"	81,027
A	Irradiado	4	Estaca	9°33'37"	71,071
A	Irradiado	5	Estaca	9°57'55"	61,064
A	Irradiado	6	Estaca	9°14'36"	51,114
A	Irradiado	7	Estaca	10°51'26"	41,212
A	Irradiado	8	Estaca	3°53'28"	32,255
A	Irradiado	9	Estaca	5°01'50"	22,119
A	Irradiado	10	Estaca	0°52'35"	12,171
A	Irradiado	11	Estaca	320°42'57"	3,032
A	Irradiado	19	Estaca	342°27'47"	29,340
B	Ré	A	Estação	00°00'00"	21,816
B	Vante	C	Estação	298°18'33"	4,244
C	Ré	B	Estação	00°00'00"	4,242
C	Vante	A	Estação	252°21'50"	20,153
C	Irradiado	12	Estaca	259°34'47"	28,056
C	Irradiado	13	Estaca	259°19'30"	38,051
C	Irradiado	14	Estaca	264°24'57"	47,289
C	Irradiado	15	Estaca	271°48'07"	54,745
C	Irradiado	16	Estaca	274°48'09"	56,202
C	Irradiado	17	Estaca	274°40'40"	49,928
C	Irradiado	18	Estaca	277°44'13"	49,3860

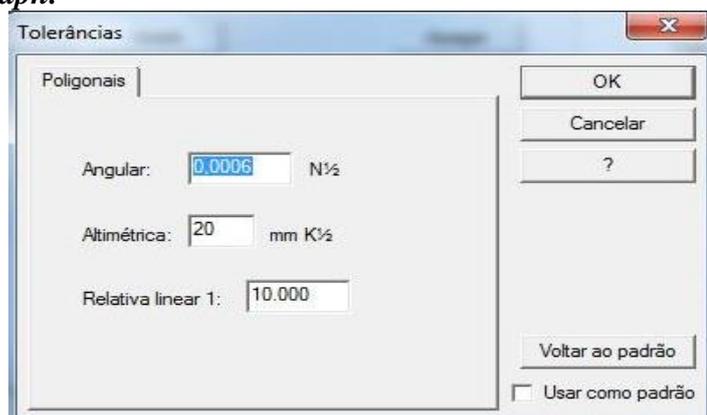
Os dados armazenados na memória da estação total foram descarregados e processados no Programa *Topograph*. Foram inseridas as coordenadas da estação A (obtidos com RTK), a cota inicial (oriundo do nivelamento geométrico) e o azimute (calculado a partir das coordenadas da estação A e C) no Programa *Topograph* (Figura 50).

Figura 50: Dados informados ao Programa *Topograph* para processamento inicial dos dados.



Em seguida foi informado ao programa as tolerâncias angular (00°00'06'' vezes a raiz quadrada do número de vértices), altimétrica (20 mm por raiz quadrada do perímetro da poligonal em quilômetro) e relativa linear (1:10.000), conforme a Figura 51.

Figura 51: Dados de tolerâncias angular, altimétrica e relativa linear informados ao Programa *Topograph*.



O levantamento dos dados oriundos dos três vértices da poligonal foi realizado no sentido horário, ou seja, foram medidos ângulos externos. Dessa forma, temos que o somatório dos ângulos externos (Σ_{ae_medido}) medidos foi de 859°59'57'' (Quadro 25), e o somatório dos ângulos externos calculados foi de 900°00'00''. Portanto, o erro de fechamento angular do levantamento (E_{fa}) foi de 00°00'03'' (Figura 52).

Figura 52: Resultados obtidos da poligonal por meio do Programa *Topograph*.

	Observados	Compensados
Perímetro	46,2120m	46,2118m
Área	40,7770m ²	40,7398m ²

	Erros	Tolerâncias	Fora
Angular	0°00'03,0"	0°00'10,4" (= 0°00'06,0" × N½)	
Relativo	1:14495		1:10000
Linear	0,0032m		
Eixo Norte	0,0000m		
Eixo Este	0,0032m		
Altimétrico	0,004m	0,004m (= 20mm × K½)	

O erro de tolerância angular (T_a) para admitido no levantamento foi de 00°0'10,39'', ou seja, 00°00'10,4'' (Figura 52). Dessa forma, pode-se afirmar que os dados

angulares estão dentro do permitido, pois, o erro de fechamento angular (Efa) foi menor do que a tolerância angular (Ta).

Como o erro de fechamento angular encontra-se dentro do limite da tolerância angular, efetuou-se a compensação dos ângulos horizontais, pois, o somatório dos ângulos externos da poligonal foi de $900^{\circ}00'00''$.

Após o ajustamento dos ângulos da poligonal, procedeu-se o cálculo dos azimutes dos demais lados da poligonal. A partir do azimute inicial do alinhamento AC ($343^{\circ}00'00''$) foi possível calcular os azimutes dos demais alinhamentos, CA ($163^{\circ}00'09''$), AB ($332^{\circ}19'22''$), BC ($90^{\circ}38'09''$) e CA ($163^{\circ}00'09''$).

Foram calculadas as projeções naturais, conhecidas também por coordenadas parciais. Tal método consiste em projetar os lados da poligonal nos eixos cartesianos (X e Y). Em seguida, determinar o erro de fechamento linear (ΔX e ΔY) a partir dos somatórios das projeções naturais.

O levantamento realizado por poligonal fechada apresentou um erro de fechamento linear em "X" correspondente a 0,0000 m e de "Y" correspondente de 0,0032 m (Figura 52). Entretanto, os somatórios dos eixos "X" e dos eixos "Y" deveriam ser iguais à zero. A tolerância linear admitida foi de 1:10.000, ou seja, a cada 10.000 m admitisse um erro de 1 m (Figura 52). O erro linear oriundo do levantamento foi de 0,0032 m (1:14.495).

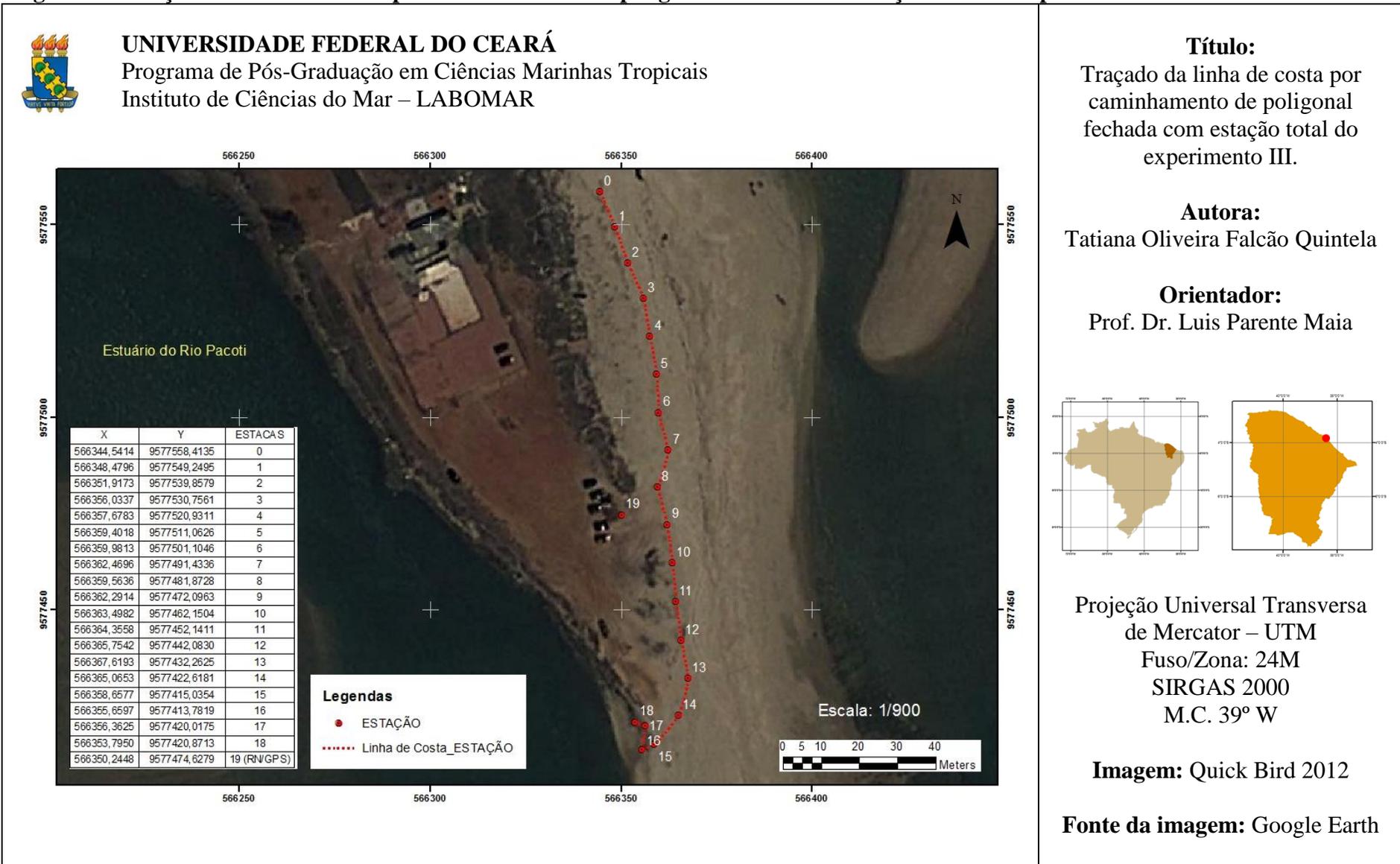
Antes do ajustamento da poligonal, constatou-se que o perímetro e a área da poligonal observado foram de 46,2120 m e $40,7770 \text{ m}^2$, respectivamente. Após a compensação dos erros angulares e lineares, o perímetro e a área da poligonal, foram de 46,2118 m e $40,7398 \text{ m}^2$ (Figura 51). E por fim, foram realizados o ajustamento dos irradiados para traçar a linha de costa (Quadro 26).

Após ajustamento angular e linear dos dados planimétricos foram exportados para o Programa *ArcView GIS 10* para confeccionar a planta baixa do traçado da linha de costa na escala 1/900 (Figura 53).

Quadro 26: Dados de ângulos e distâncias após ajustamento da poligonal do experimento III.

Tipo	Nome	Descrição	Ângulo horizontal	Distância horizontal (m)
Irradiado	0	Estaca	348°18'37"	110,242
Irradiado	1	Estaca	349°27'02"	100,490
Irradiado	2	Estaca	350°30'00"	90,643
Irradiado	3	Estaca	352°18'32"	81,027
Irradiado	4	Estaca	352°33'46"	71,071
Irradiado	5	Estaca	352°58'04"	61,064
Irradiado	6	Estaca	352°14'45"	51,114
Irradiado	7	Estaca	353°51'35"	41,212
Irradiado	8	Estaca	346°53'37"	32,255
Irradiado	9	Estaca	348°01'59"	22,119
Irradiado	10	Estaca	343°52'44"	12,171
Irradiado	11	Estaca	303°43'06"	3,032
Irradiado	12	Estaca	170°12'56"	28,056
Irradiado	13	Estaca	169°57'39"	38,051
Irradiado	14	Estaca	175°03'06"	47,289
Irradiado	15	Estaca	182°26'16"	54,745
Irradiado	16	Estaca	185°26'18"	56,202
Irradiado	17	Estaca	185°18'49"	49,928
Irradiado	18	Estaca	188°22'22"	49,3860
Irradiado	19	Estaca	325°27'56"	29,340

Figura 53: Traçado da linha de costa por caminhamento de poligonal fechada com estação total do experimento III.



5.2. Levantamento geodésico por posicionamento absoluto com Receptor de Posicionamento Global (GPS)

O método de posicionamento absoluto também foi aplicado com a intenção de obter as coordenadas UTM para traçar a linha de costa. O receptor de GPS (marca Garmin, modelo Map 62) foi configurado para a projeção do Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000) e para o Sistema de Coordenadas em Universal Transversa de Mercator – UTM –, Fuso/Zona 24M (Figura 54).

Figura 54: Levantamento de coordenadas UTM com receptor GPS para traçar a linha de preamar no experimento III.



Fonte: arquivo pessoal.

O equipamento foi posicionado ao lado da estaca. Em seguida, foi aguardado a precisão de 3 m para armazenar os dados na memória interna do equipamento por meio da função *Mark*. Foram obtidas 19 coordenadas para traçar a linha de preamar.

Quadro 27: Coordenadas UTM das estacas obtidos por receptor GPS para traçar a linha de costa.

Estacas	Norte (N)	Leste (E)
0	9577554,11	566343,90
1	9577547,81	566349,34
2	9577536,42	566351,89
3	9577526,95	566354,48
4	9577516,41	566355,98
5	9577509,22	566358,75
6	9577500,49	566358,19
7	9577492,42	566362,63

8	9577481,81	566358,73
9	9577474,40	566359,39
10	9577463,56	566362,72
11	9577453,95	566363,38
12	9577442,01	566365,37
13	9577431,50	566369,47
14	9577421,56	566366,02
15	9577414,15	566359,57
16	9577409,85	566354,35
17	9577416,48	566356,24
18	9577416,15	566353,25

Posteriormente, os dados foram descarregados pelo Programa *ExpertGPS* e exportados para o Programa *ArcView GIS 10* para confeccionar a planta baixa do traçado da linha de preamar na escala 1/900 (Figura 55).

5.3. Levantamento geodésico por posicionamento relativo com *Real Time Kinematic (RTK)*.

O levantamento geodésico por posicionamento relativo com o RTK consiste na obtenção das coordenadas (x, y) com precisão milimétrica. Primeiramente, a base do equipamento é estacionada e nivelada em um ponto de coordenadas não conhecidas, porém, de referência altimétrica conhecida (altitude ortométrica 5,350 m).

Como optamos estacionar o equipamento em local de coordenadas desconhecidas foi necessário respeitar o tempo mínimo de rastreamento da base (30 minutos) para o comprimento da linha de base situada entre 10 a 20 km com frequência L1 e L2, conforme a Norma Técnica para Georeferenciamento de Imóveis Rurais do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA).

Através da coletora foi possível configurar o equipamento, informar a altura da antena e obter uma coordenada provisória no módulo de navegação. Posteriormente, o *rover* foi configurado e iniciado o levantamento de dados para traçar a linha de costa (Figura 56). O equipamento foi posicionado e nivelado ao lado das 19 estacas, sendo uma correspondente a um marco de referência.

Figura 55: Traçado da linha de costa por posicionamento absoluto com receptor de Sistema de Posicionamento Global (GPS) do experimento III.

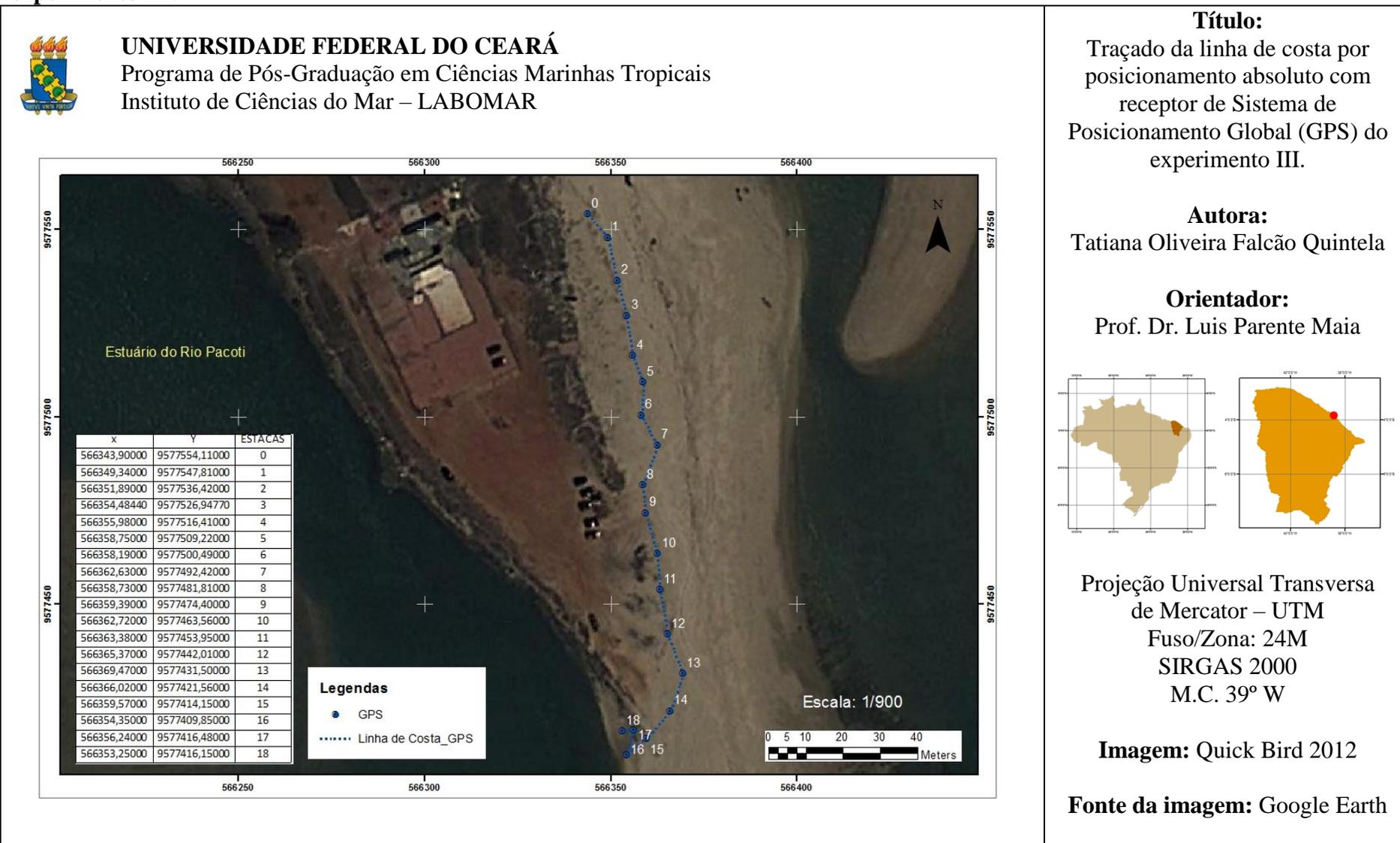


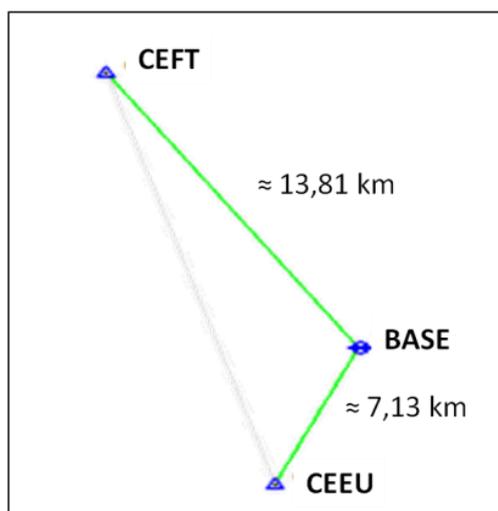
Figura 56: Configuração do receptor RTK e levantamento de dados geodésicos.



Fonte: Arquivo pessoal.

Os dados da estação de referência (base) foram processados a partir de duas Redes Brasileiras de Monitoramento Contínuo (RBMC), de identificações de CEEU e CEFT, em Projeção SIRGAS 2000, por método de triangulação (Figura 57). Foi possível obter as coordenadas UTM (9.577.513,875 N / 566.323,662 E), as coordenadas Geográficas (03°49'19,55682" S / 38°24'09,56535" W) e a altitude geométrica (-3,213 m) da base, com desvio padrão de 0,004 m na horizontal (H) e 0,007 m na vertical (V).

Figura 57: Método de triangulação da base mais as RBMC processadas no Programa Topcon Link.



Em seguida, os dados oriundos do *rover* foram processados para obter as coordenadas (UTM e Geográficas) e as altitudes geométricas, tanto das estacas quanto do

marco de referência, em Projeção SIRGAS 2000 (quadro 28). Os dados foram exportados para o programa *ArcView GIS 10* para confeccionar a planta baixa do traçado da linha de preamar na escala 1/900 (Figura 58).

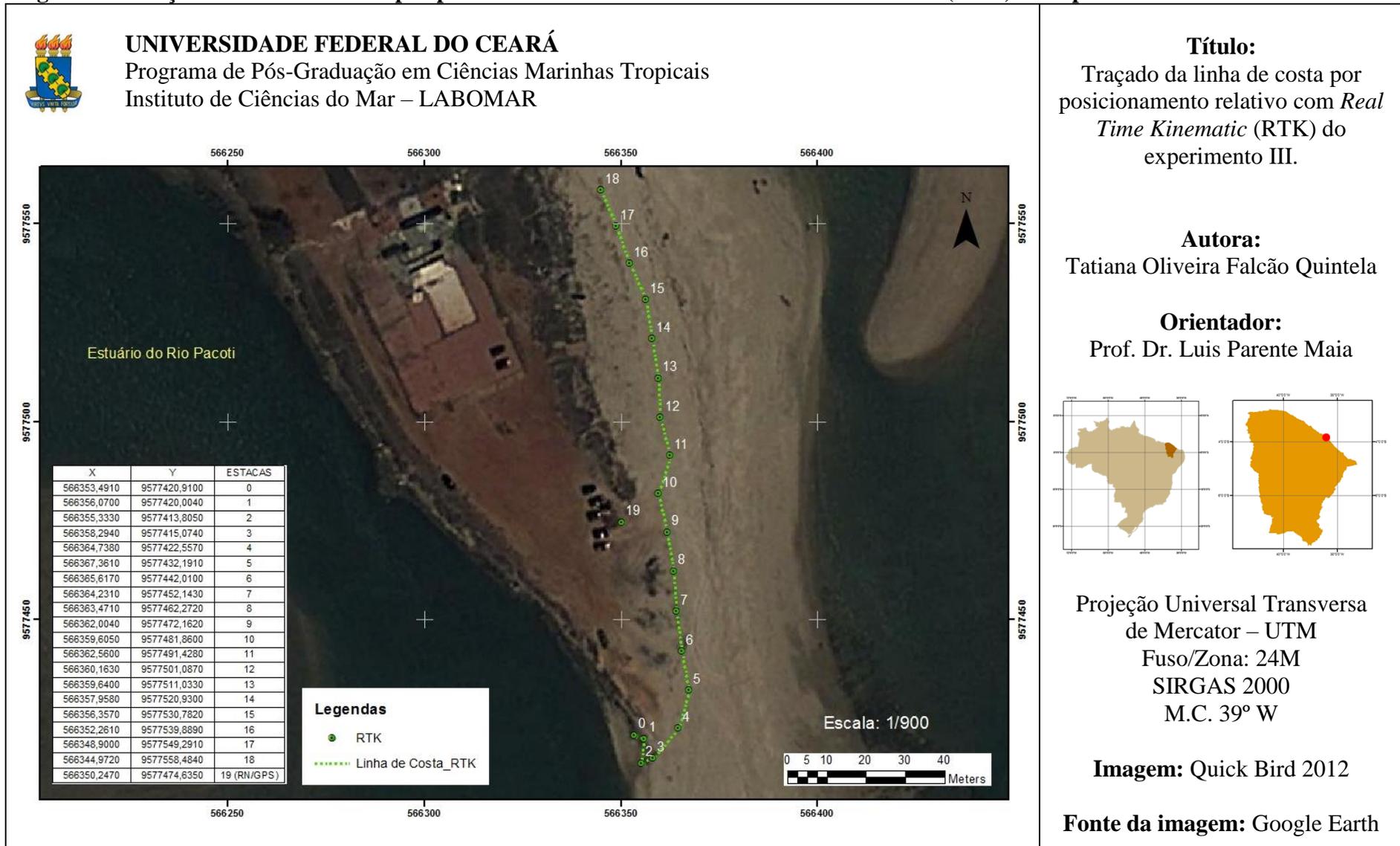
Quadro 28: Coordenadas (UTM e Geográficas) das estacas obtidas por receptor RTK para traçar a linha de costa do experimento III.

Nome	Norte (N)	Leste (E)	Latitude (ϕ)	Longitude (λ)
0	9577420,9100	566353,4910	3°49'22,58372"S	38°24'08,59612"W
1	9577420,0040	566356,0700	3°49'22,61319"S	38°24'08,51251"W
2	9577413,8050	566355,3330	3°49'22,81509"S	38°24'08,53624"W
3	9577415,0740	566358,2940	3°49'22,77368"S	38°24'08,44027"W
4	9577422,5570	566364,7380	3°49'22,52986"S	38°24'08,23152"W
5	9577432,1910	566367,3610	3°49'22,21605"S	38°24'08,14669"W
6	9577442,0100	566365,6170	3°49'21,89630"S	38°24'08,20347"W
7	9577452,1430	566364,2310	3°49'21,56632"S	38°24'08,24862"W
8	9577462,2720	566363,4710	3°49'21,23648"S	38°24'08,27350"W
9	9577472,1620	566362,0040	3°49'20,91442"S	38°24'08,32127"W
10	9577481,8600	566359,6050	3°49'20,59862"S	38°24'08,39927"W
11	9577491,4280	566362,5600	3°49'20,28695"S	38°24'08,30367"W
12	9577501,0870	566360,1630	3°49'19,97247"S	38°24'08,38162"W
13	9577511,0330	566359,6400	3°49'19,64854"S	38°24'08,39880"W
14	9577520,9300	566357,9580	3°49'19,32628"S	38°24'08,45355"W
15	9577530,7820	566356,3570	3°49'19,00547"S	38°24'08,50569"W
16	9577539,8890	566352,2610	3°49'18,70898"S	38°24'08,63869"W
17	9577549,2910	566348,9000	3°49'18,40283"S	38°24'08,74788"W
18	9577558,4840	566344,9720	3°49'18,10355"S	38°24'08,87545"W

5.4. Análise comparativa dos métodos e equipamentos.

O monitoramento da linha de costa é considerado um grande problema no que se refere ao estudo da evolução em pequena e grande escala, devido a sua dinâmica e instabilidade no decorrer tempo (dia, meses, anos, décadas e séculos). É constante a necessidade de se obter dados atualizados do comportamento da linha de costa. Dessa forma, teremos subsídios para um bom planejamento costeiro, principalmente, em áreas densamente ocupadas e urbanizadas.

Figura 58: Traçado da linha de costa por posicionamento relativo com *Real Time Kinematic* (RTK) do experimento III.



Para monitorar de forma eficaz a linha de costa é necessário saber qual a extensão da área a ser estudada. E em segundo lugar, elencar qual o melhor método e qual o melhor equipamento para obtenção de dados na extensão da área a ser monitorada, procurando sempre, seguir as normas existentes. E o terceiro, é delimitar pontos ou linhas de referências para análise comparativa das informações, como por exemplo, calcular taxas de recuo ou de acreção com segurança.

Para uma melhor compreensão e entendimento dos métodos e equipamentos utilizados, optamos tracejar uma linha de referência aleatória e determinar setores sobre a imagem na escala 1/1000 (Figura 59), com o propósito de fazer uma análise comparativa dos valores obtidos na escala 1/250 (Figuras 60, 61, 62, 63 e 64).

Foi traçada em direção as outras linhas de costa uma reta perpendicular a partir da linha de referência. Dessa forma, foi possível mensurar as distâncias horizontais e realizar uma simples análise estatística (Quadro 29).

Quadro 29: Distâncias mensuradas da linha de referência até as linhas de costa (obtidas com estação total, receptor GPS e RTK) do experimento III.

Setores	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ₁ ²	d ₂ ²	d ₃ ²	Σd _i ²	m (±)	M (±)	V	CV
1	9,61	8,04	10,1	9,23	3	0,38	-1,19	0,82	0,14	1,42	0,67	2,23	1,057	0,610	1,116433	11,44347
2	16,3	13,9	16,6	15,62	3	0,71	-1,70	1,00	0,50	2,90	0,99	4,39	1,482	0,856	2,197033	9,487343
3	12,8	12,7	12,9	12,82	3	0,02	-0,08	0,07	0,00	0,01	0,00	0,01	0,076	0,044	0,005833	0,595604
4	2,89	1,96	2,79	2,55	3	0,34	-0,59	0,24	0,12	0,34	0,06	0,52	0,511	0,295	0,260633	20,0467
5	7,94	13,3	7,95	9,72	3	-1,78	3,54	-1,77	3,16	12,56	3,12	18,83	3,069	1,772	9,416433	31,581

X₁ = Distância da linha de referência até a linha de costa traçada com os dados oriundos da estação total; *X₂* = Distância da linha de referência até a linha de costa traçada com os dados oriundos do receptor GPS; *X₃* = Distância da linha de referência até a linha de costa traçada com os dados oriundos do RTK; *X* = média aritmética das altitudes; *n* = número de amostras; *d_i* = desvio em relação à média (*X*); *d_i²* = quadrado do desvio em relação à média (*X*); *Σd_i²* = somatório do quadrado do desvio em relação à média (*X*); *m* = desvio padrão de uma observação; *M* = desvio padrão da média das observações; *V* = variância; *CV* = coeficiente de variação.

Considerando o desvio padrão da média das observações do quadro 5 constatamos que a maioria das distâncias mensuradas encontram-se fora do limite determinado. Entretanto, se excluímos a amostra nomeada de X₂, todos os valores se encontram dentro do limite estabelecido (Quadro 30).

No que se dizem a respeito das metodologias e dos equipamentos utilizados na coleta de dados desta pesquisa, o levantamento por posicionamento absoluto com Sistema de Posicionamento Global (GPS) fica inviável para levantamentos de média a alta precisão, dependendo da escala admitida. Podemos ratificar tal afirmativa a partir do momento que aumentamos a escala de trabalho para 1/250 em todos os setores analisados nas Figuras 59, 60, 61, 62 e 63.

Quadro 30: Distâncias mensuradas da linha de referência até as linhas de costa (obtidas com estação total e RTK) do experimento III.

Setores	Altitudes (m)			n	d ₁	d ₃	d ₁ ²	d ₃ ²	Σd _i ²	m (±)	M (±)	V	CV
	X ₁	X ₃	X										
1	9,61	10,1	9,83	3	-0,22	0,22	0,05	0,00	0,05	0,15928	0,09196	0,096800	1,620383
2	16,3	16,6	16,48	3	-0,15	0,15	0,02	0,00	0,02	0,10360	0,05982	0,042050	0,628848
3	12,8	12,9	12,87	3	-0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01768	0,01021	0,001250	0,137452
4	2,89	2,79	2,84	3	0,05	-0,05	0,00	0,00	0,00	0,03540	0,02044	0,005000	1,246461
5	7,94	7,95	7,95	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00354	0,00204	0,000050	0,044501

X₁ = Distância da linha de referência até a linha de costa traçada com os dados oriundos da estação total; *X₂* = Distância da linha de referência até a linha de costa traçada com os dados oriundos do receptor GPS; *X* = média aritmética das altitudes; *n* = número de amostras; *d_i* = desvio em relação à média (*X*); *d_i²* = quadrado do desvio em relação à média (*X*); *Σd_i²* = somatório do quadrado do desvio em relação à média (*X*); *m* = desvio padrão de uma observação; *M* = desvio padrão da média das observações; *V* = variância; *CV* = coeficiente de variação.

O levantamento por método de caminamento por poligonal fechada com estação total apresentou resultados bastante favoráveis e precisos (Figuras 58, 59, 60, 61, 62 e 63). A diferença horizontal do marco de referência com o levantamento do *Real Time Kinematic* (RTK) foi de apenas 0,005 m. Dessa forma, ambos podem ser aplicados com segurança no monitoramento de linha de costa em grande escala. Mas, é lógico, que algumas medidas devem ser tomadas durante a coleta e o processamento de dados.

Foram elencadas no Quadro 31 às vantagens, desvantagens e os tipos de cuidados nas aplicações dos métodos e dos equipamentos. No que se relaciona a precisão do levantamento, foi classificado em: baixa precisão, média precisão e alta precisão. E que se refere ao custo do equipamento, foi classificado em: custo baixo, custo médio e custo alto. O tempo de execução do levantamento foi classificado em: demorado, moderado e rápido.

Figura 59: Mapa de representação das linhas de costa obtidas por métodos e equipamentos distintos do experimento III.

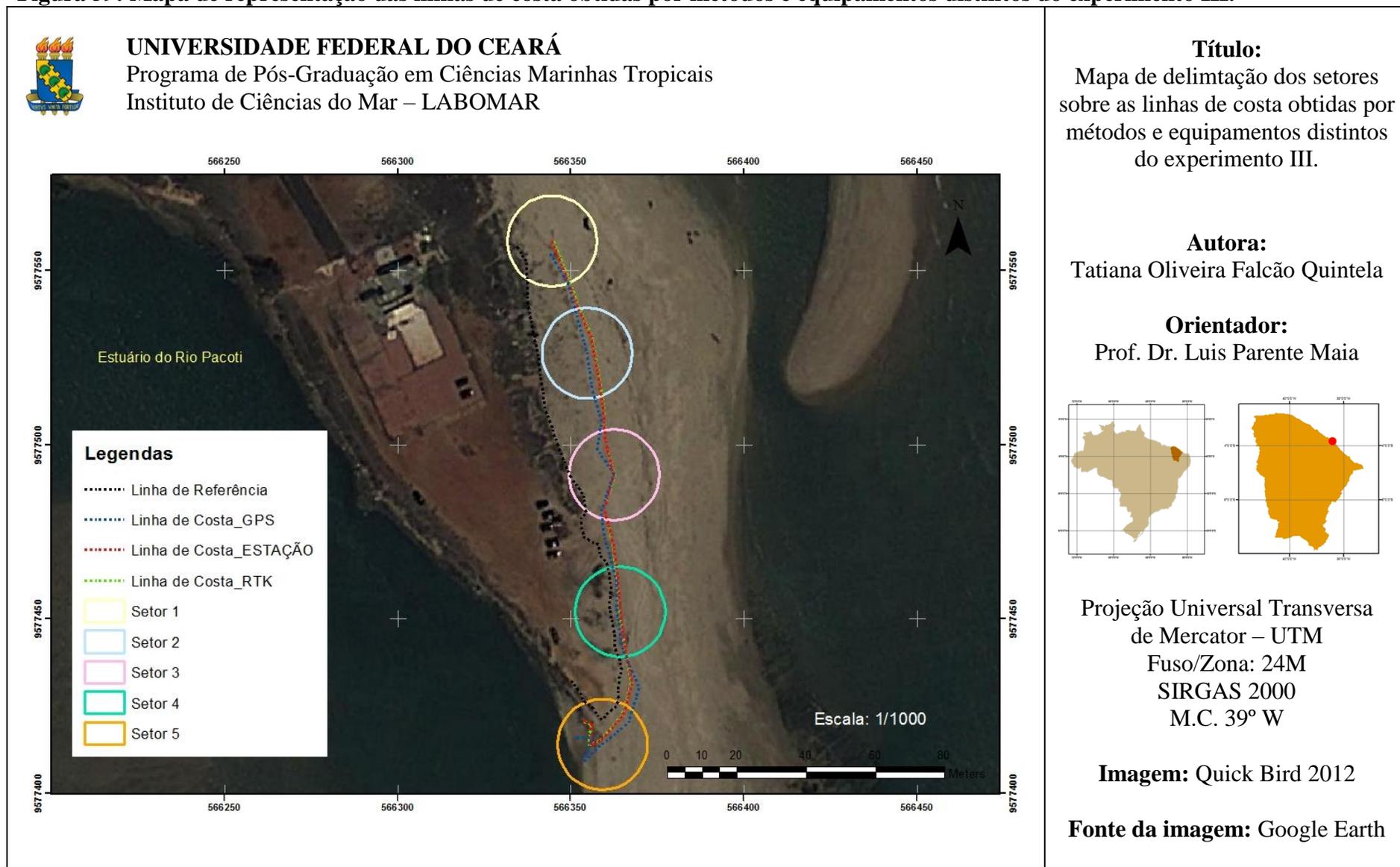


Figura 60: Mapa de delimitação do setor 01 sobre as linhas de costas obtidas por métodos e equipamentos distintos do experimento III.

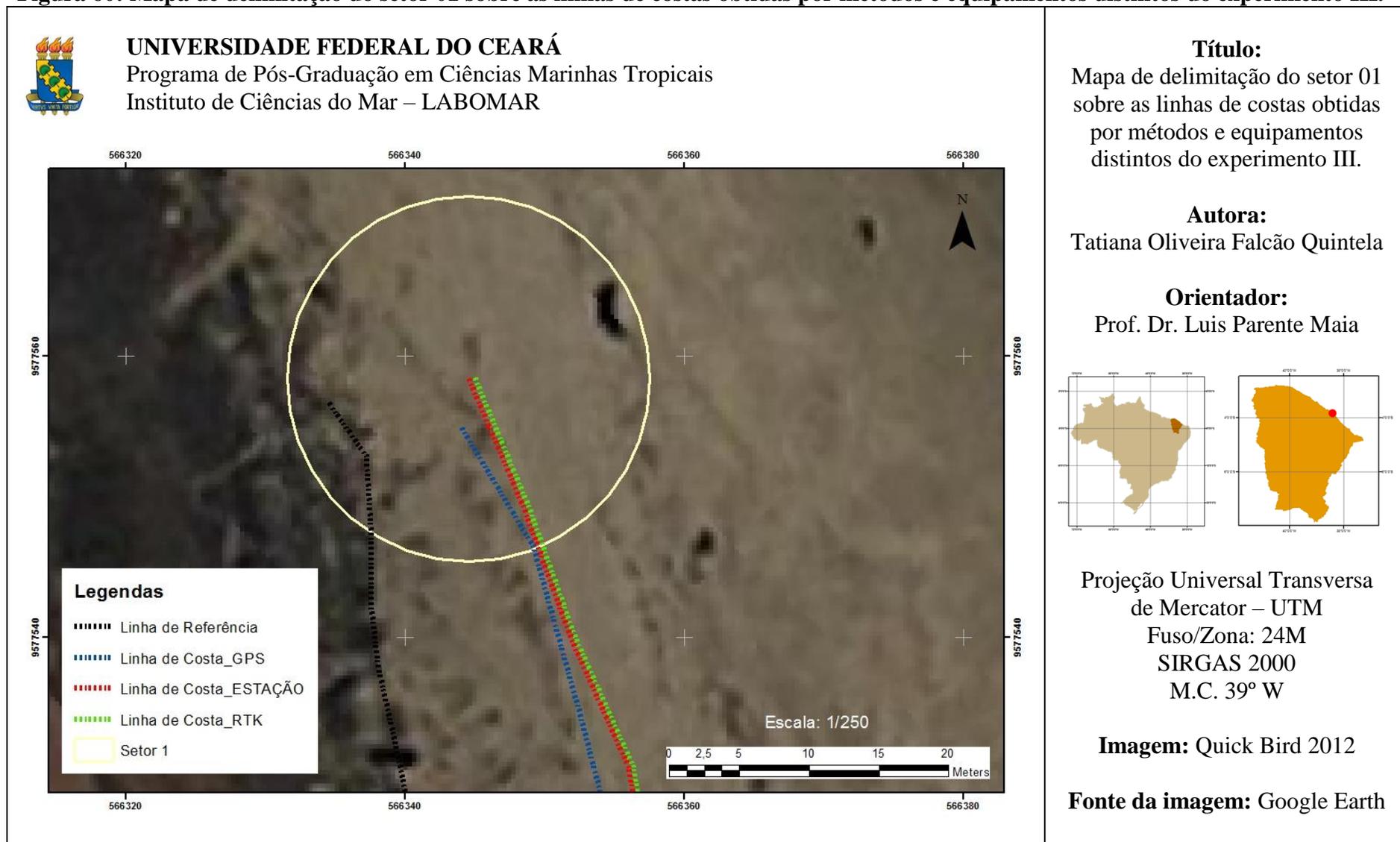


Figura 61: Mapa de delimitação do setor 02 sobre as linhas de costas obtidas por métodos e equipamentos distintos do experimento III.

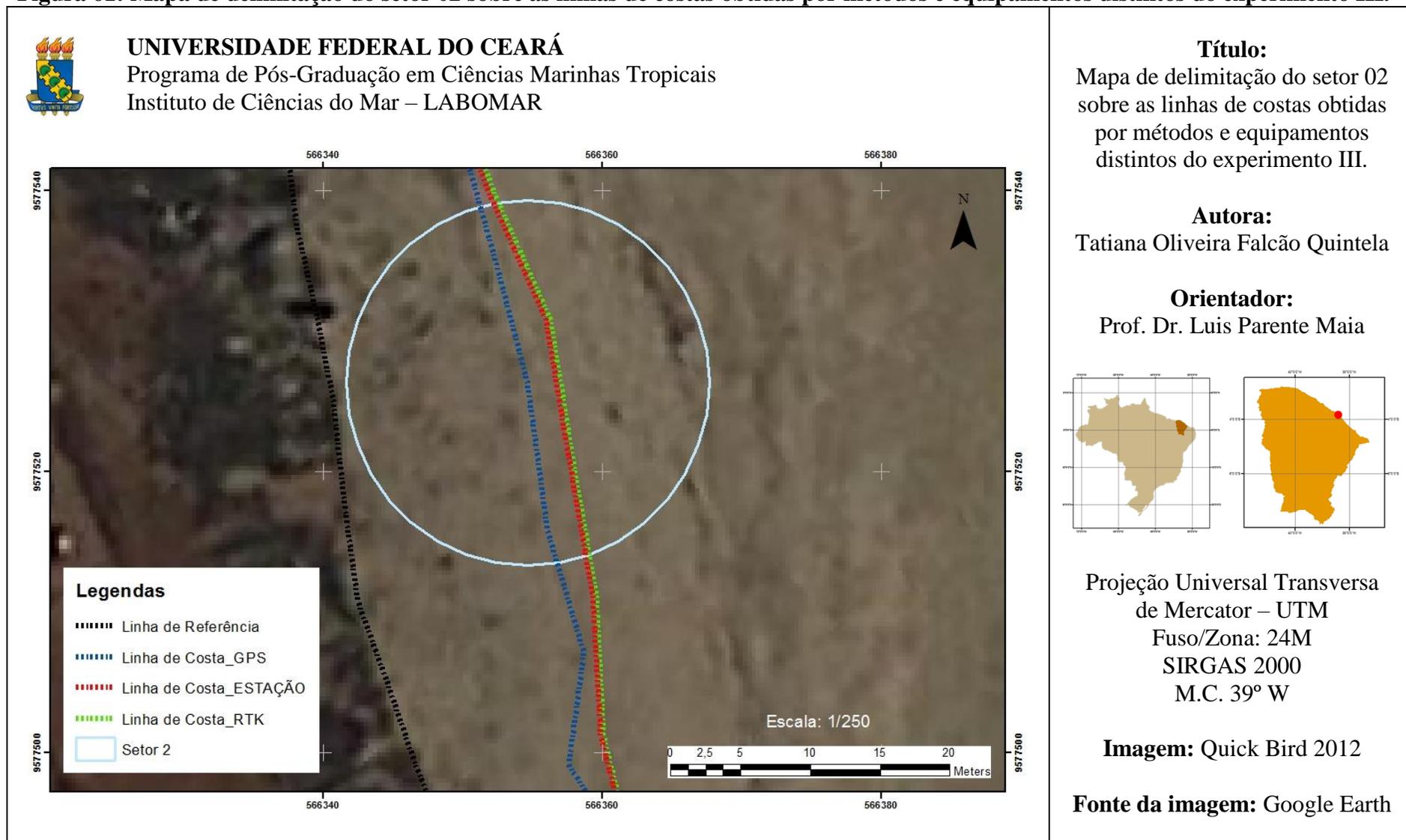


Figura 62: Mapa de delimitação do setor 03 sobre as linhas de costas obtidas por métodos e equipamentos distintos do experimento III.

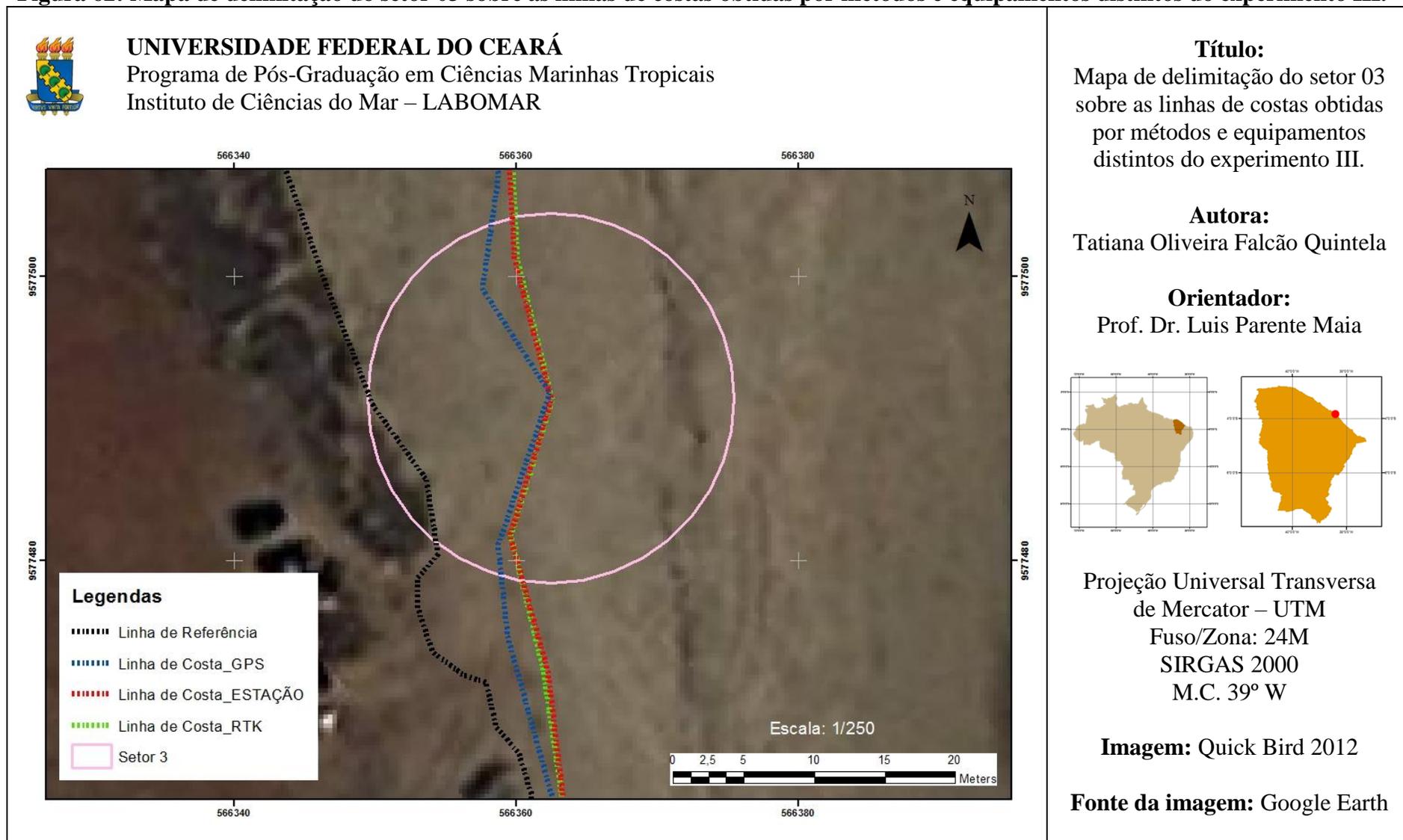


Figura 63: Mapa de delimitação do setor 04 sobre as linhas de costas obtidas por métodos e equipamentos distintos do experimento III.

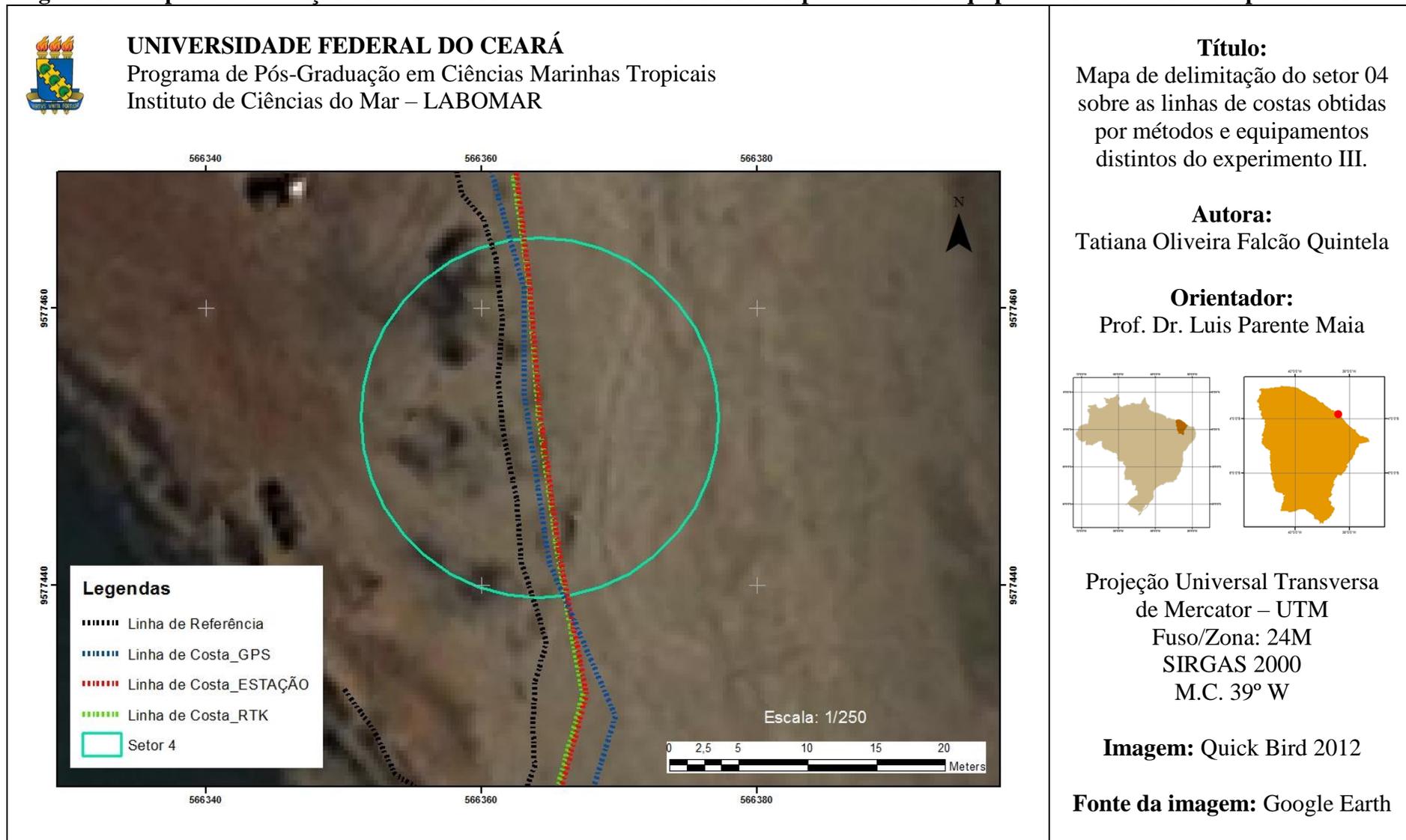
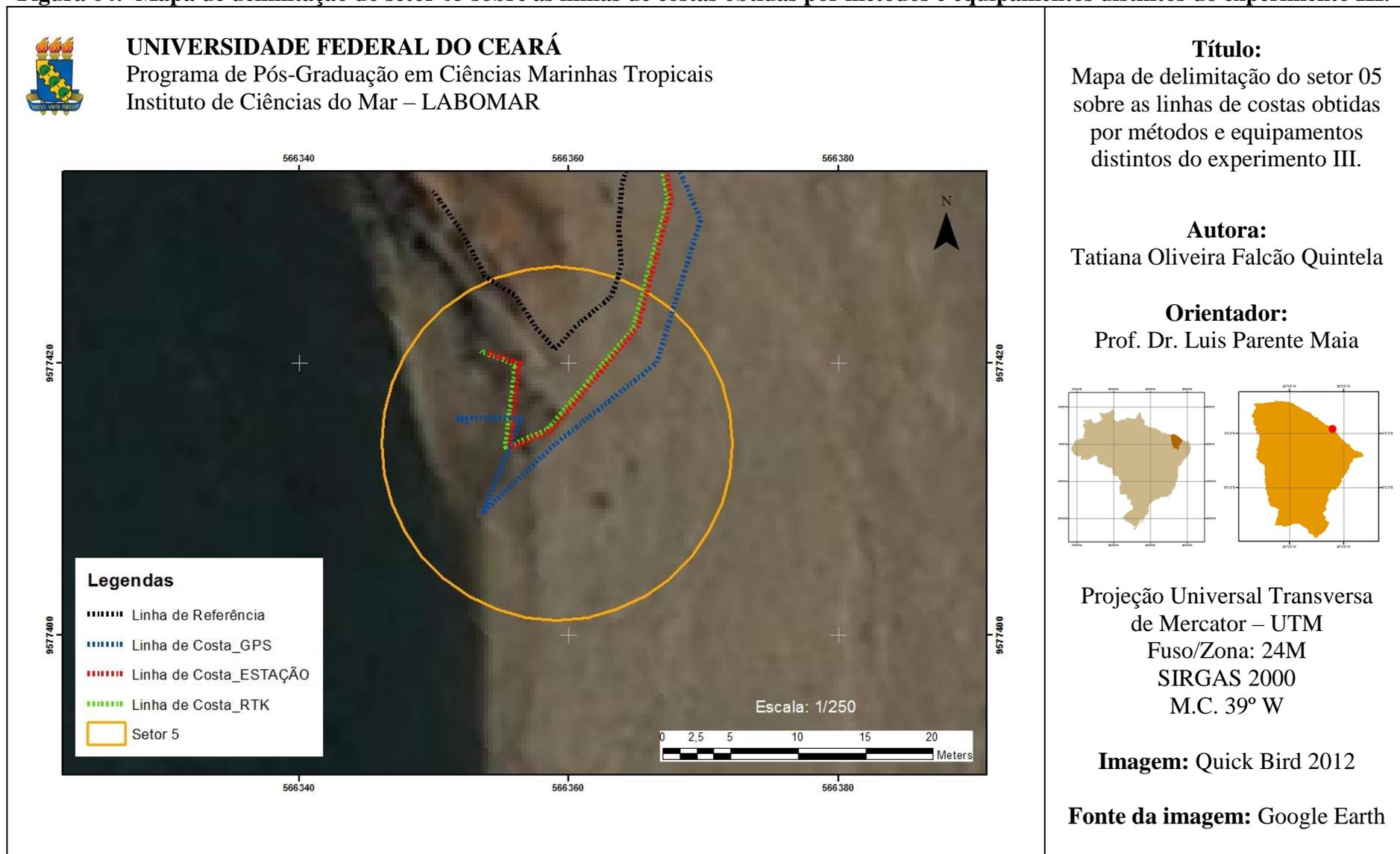


Figura 64: Mapa de delimitação do setor 05 sobre as linhas de costas obtidas por métodos e equipamentos distintos do experimento III.



Quadro 31: Vantagens, desvantagens e cuidados com os métodos e equipamentos aplicados no estudo de morfológico da linha de preamar.

Métodos	Equipamentos/ Acessórios Topográficos	Vantagens	Desvantagens	Cuidados
Caminhamento por Poligonal Fechada	<ul style="list-style-type: none"> Estação Total; Tripé de alumínio; Prisma. 	<ul style="list-style-type: none"> Média a alta precisão; Baixo custo; Dados são armazenados; Determinação do erro; Levantamento de dados moderado a rápido; 	<ul style="list-style-type: none"> Susceptível a cometer erros de medições; Considera a superfície da terra como plano topográfico; Visualização dos dados após processamento. 	<ul style="list-style-type: none"> Aferir o equipamento; Nivelar o equipamento; Bastão do prisma deve permanecer na vertical durante as medições (usar nível de cantoneira); Constante do prisma; Dar referência ao equipamento (visada ré); Fechar a poligonal (visada vante).
Posicionamento Relativo	<ul style="list-style-type: none"> Receptor RTK (base e rover); Tripé de alumínio; Bastão do rover com nível de cantoneira. 	<ul style="list-style-type: none"> Alta precisão; Alto custo; Dados são armazenados; Levantamento de moderado a rápido; Determinação do erro; É possível aplicar triangulação a partir da RBMC. 	<ul style="list-style-type: none"> Susceptível a cometer erros de medições. Considera a superfície da terra como elipsoide; Visualização dos dados após processamento. 	<ul style="list-style-type: none"> Aferir equipamento; Configurar o equipamento (altura do instrumento, altura da antena, tipo de projeção e o tipo de coordenada); Equipamentos (base rover) devem estar nivelados; Verificar a comunicação base e rover; Tempo de rastreamento da base deve ser baseada com o comprimento da linha de base.
Posicionamento Absoluto	<ul style="list-style-type: none"> Receptor de GPS. 	<ul style="list-style-type: none"> Baixa precisão; Médio custo; Levantamento de moderado a rápido; Não foi possível determinar o erro. 	<ul style="list-style-type: none"> Susceptível a cometer erros de medições; Considera a superfície da terra como elipsoide. 	<ul style="list-style-type: none"> Aferir o equipamento; Configurar o equipamento; Precisão do equipamento.

6. MORFOLOGIA DE FEIÇÕES COSTEIRAS: COMPARAÇÃO DO MODELO DIGITAL DO TERRENO POR DIFERENTES MÉTODOS

A necessidade de visualizar e de conhecer de forma clara e precisa a configuração da superfície física da terra, tem levado diversos profissionais da Área de Oceanografia e afins, a fazer uso de tecnologias mais avançadas, e também, de outras ciências, como por exemplo: a Topografia e a Geodésia na elaboração do Modelo Digital do Terreno (MDT) e/ou Modelo Digital de Elevação (MDE).

De acordo com Tomaselli & Santos (2000) existe distinção entre MDT e MDE. Enquanto, o primeiro se refere aos pontos que representam a superfície do terreno, o segundo, se refere aos pontos que representam as elevações presentes na superfície do terreno. Ambos os modelos digitais consistem em uma representação matemática de uma superfície com coordenadas X, Y e Z, referenciada a um *datum* e a um sistema de coordenadas (MANUE et al., 2001). Ratifica Doyle (1978) que os modelos digitais nada mais é que um arranjo ordenado de números que reproduzem a distribuição espacial das características do terreno.

As aplicações do MDT são bastante diversificadas, que vai desde uma representação da superfície física do terreno, como também, a extração, a organização e a elaboração de um banco de dados na obtenção de informações referentes às características da superfície do terreno. A partir dos modelos é possível visualizar o terreno em 3D (tridimensional), traçar as curvas de nível, perfis topográficos perpendiculares e transversais para calcular a área, volume e declividade. Além disso, é possível confeccionar mapas e/ou cartas topográficas temáticas. O uso do MDT em feições costeiras proporciona um novo olhar na classificação morfológica dos ambientes.

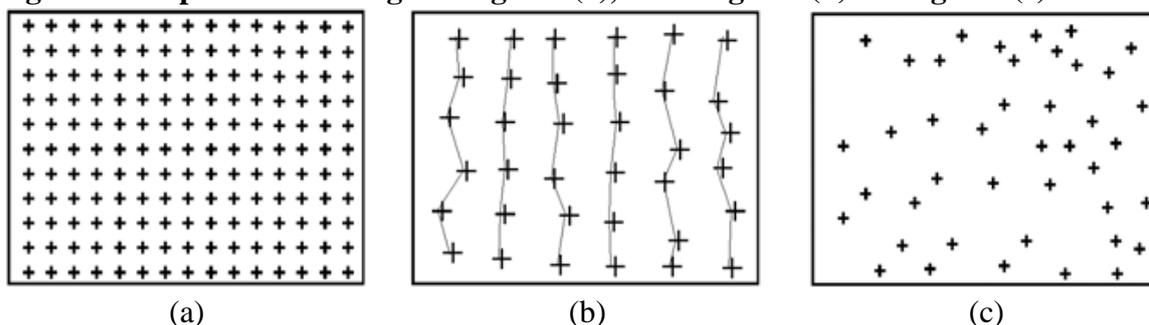
Medina e Medina (2007) e Felgueiras e Câmara (2004) destacam que o processo de geração de um MDT encontra-se dividido em três fases: aquisição de dados, geração de grades e elaboração dos produtos. Sendo que a aquisição de dados pode se dá por meio de digitalização, restituição fotogramétrica, sensoriamento remoto ou levantamento de campo direto (SPRING, 2014; DOYLER, 1978).

É importante destacar que vários fatores podem afetar na qualidade de aquisição dos dados, destacamos a qualificação e o conhecimento do profissional, o tipo de tecnologia adotada na aquisição dos dados, o método aplicado, e também, o sistema de referência do *datum* horizontal (posição) e do *datum* vertical (cota ou altitude) determinado.

Como por exemplo, o uso de receptores GNSS/RTK (Sistema Global de Navegação por Satélites / *Real Time Kinematic* ou posicionamento cinemático em tempo real) no levantamento de dados. Entretanto, as altitudes fornecidas pelos receptores GNSS/RTK não são relacionados ao modelo geoidal (superfície do nível médio do mar homogêneo supostamente prolongado sob os continentes), e sim, ao modelo geométrico, denominado também, por modelo elipsoidal (figura matemática que mais se aproxima do modelo geoidal, cujo eixo menor coincide com o eixo de rotação).

Segundo Medina e Medina (2007) os MDT não são elaborados sobre os dados amostrados, mas sim a partir de modelos gerados no formato de grade regular ou irregular. Felgueiras e Câmara (2004) classifica a amostragem quanto à posição relativa das amostras em (Figura 65): regular (regularidade de distribuição espacial da posição (x, y) das amostras), semi-regular (preservar a regularidade de distribuição espacial na direção x ou y, mas, nunca nas duas ao mesmo tempo) e irregular (as amostras não apresentam regularidade na distribuição espacial, ou seja, pontos aleatórios e notáveis).

Figura 65: Tipos de amostragem: regular (a), semi-regular (b) e irregular (c).

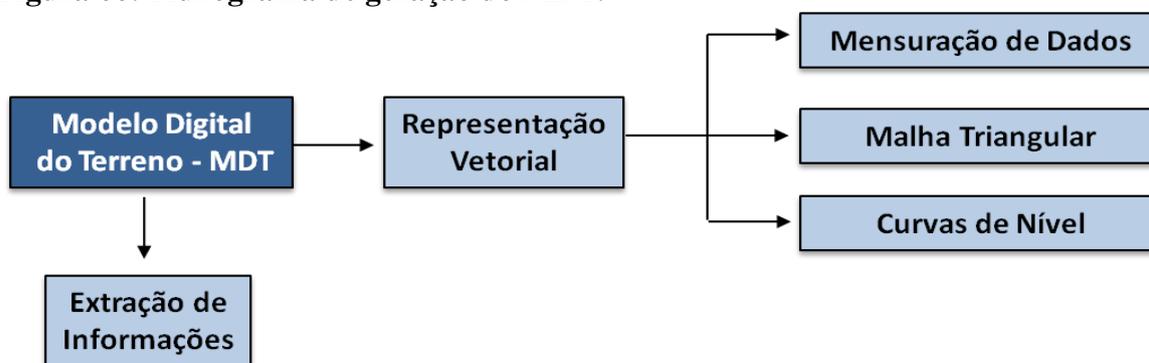


Fonte: Namikawa et al. (2003)

Assim, este trabalho tem como objetivo traçar uma análise comparativa dos métodos aplicados na geração do Modelo de Digital do Terreno (MDT), esgrimindo as

vantagens e desvantagens. As etapas para geração do MDT encontram-se descrito no fluxograma (Figura 66).

Figura 66: Fluxograma de geração do MDT.

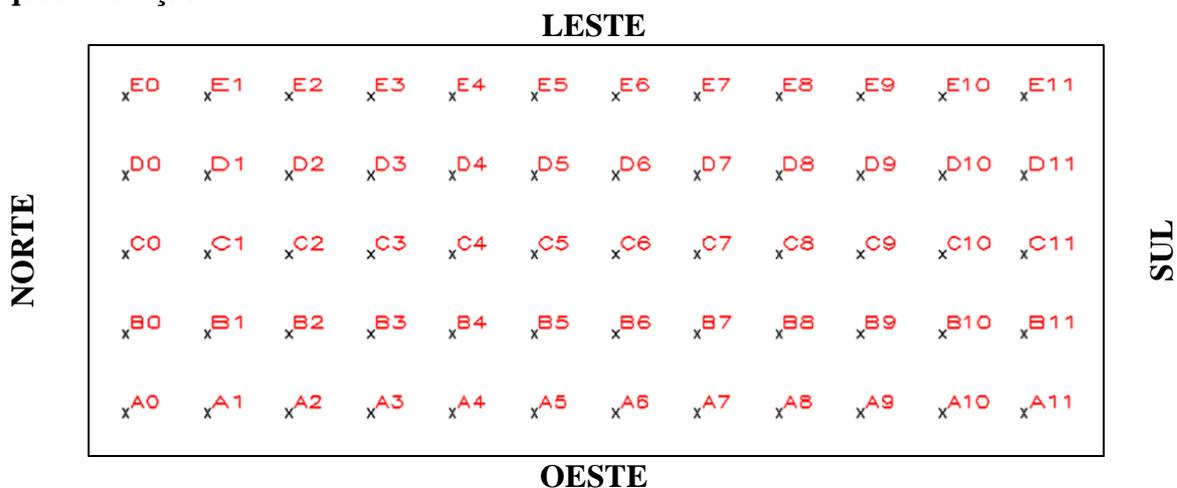


Para alcançar o objetivo dessa pesquisa foi adotado o Método da Quadriculação proposto por Borges (1992). Tal método consiste em criar uma malha quadriculada no terreno, posicionando piquetes em cada vértice dos quadrados. Dessa forma, o tipo de amostragem aplicado foi o regular.

O estudo foi realizado no *spit* arenoso da desembocadura do Estuário do Rio Pacoti, no Município de Fortaleza, Ceará, durante a maré de sizígia de baixamar do dia 15 de julho de 2014. De acordo com a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) a amplitude de maré foi de 3,1 m para a tábua de maré do Porto do Mucuripe, situado a 15 km da área de realização das atividades experimentais.

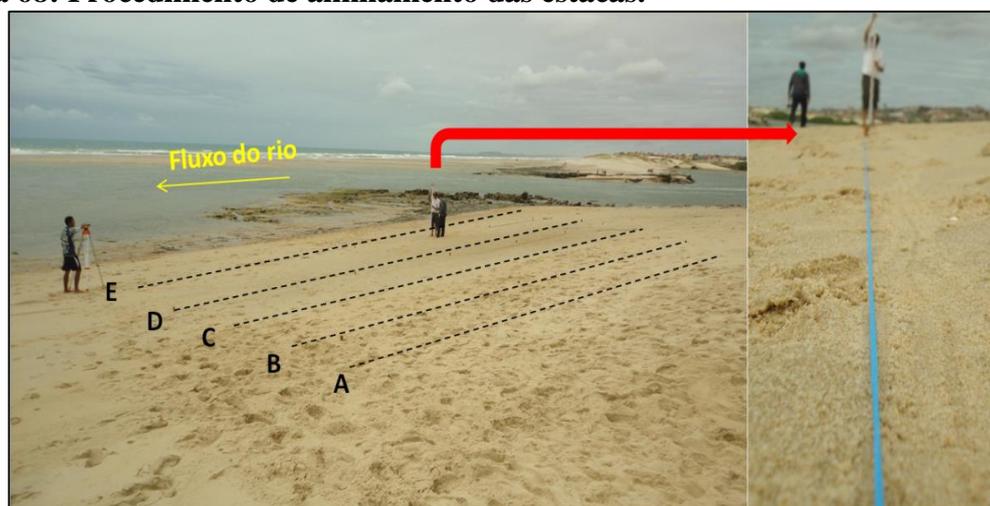
Foram distribuídos 60 piquetes de madeiras em um setor do *spit* arenoso com dimensões correspondentes a 20 m de largura (oeste-leste) e 55 m de comprimento (norte-sul), totalizando uma área de 1.100,00 m². Os piquetes foram distribuídos com espaçamento regular de 5 m entre os vértices da malha, partindo-se do ponto mais alto para o ponto mais baixo. Nota-se na Figura 67 que a distribuição espacial das estacas se apresenta de forma regular.

Figura 67: Nomeação e distribuição espacial das estacas por método de quadriculação.



Para o estaqueamento do terreno foi utilizado um nível topográfico e alguns acessórios topográficos (tripé de alumínio, balizas, nível de cantoneira, trena, cordão e piquetes) para garantir o alinhamento das estacas (Figura 68). Dessa forma, foi possível criar lados com dimensões iguais para realização das medições com cada equipamento.

Figura 68: Procedimento de alinhamento das estacas.



Fonte: arquivo pessoal.

Próxima à área estudada foi determinado um marco com coordenadas (9.577.474,645 N, 566.350,247 E) e altitude ortométrica (4,815 m) conhecida. A obtenção dos dados planialtimétricos para gerar o Modelo Digital do Terreno, se deu através dos seguintes métodos:

- Levantamento topográfico por nivelamento geométrico com nível;
- Levantamento topográfico por nivelamento trigonométrico com estação total;
- Levantamento geodésico por posicionamento relativo com *Real Time Kinematic* (RTK).

6.1. Levantamento topográfico por nivelamento geométrico com nível

O levantamento topográfico por nivelamento geométrico consiste em determinar de uma única estação, as altitudes ortométricas das 60 estacas estabelecidas dentro do alinhamento. Nesse primeiro experimento, as altitudes ortométricas (z) e as posições (x , y) das estacas foram obtidos pelo nível topográfico e pela trena, respectivamente.

Primeiramente, foi armado um tripé numa altura que após a fixação do nível, o observador fique numa posição confortável para realizar as leituras. Em seguida, o nível foi fixado ao tripé com o uso do parafuso de fixação. O eixo vertical do equipamento foi estacionado em cima de um ponto nomeado de estação “A”, e depois, nivelado com o auxílio do nível de bolha circular (fazendo ajustes com as pernas do tripé e/ou com os parafusos calantes).

Após verificação do nivelamento, iniciou-se o levantamento posicionando a mira sobre a Referência de Nível (RN) de altitude ortométrica de 4,815 m para realizar a visada de ré, e posteriormente, a mira foi posicionada ao lado das 60 estacas para realização das visadas vantes (Figura 69). O procedimento foi repetido três vezes em cada estaca, totalizando 180 amostras referentes à altitude ortométrica (referida ao nível médio dos mares).

Os dados obtidos por meio do nivelamento geométrico com nível topográfico foram anotados na caderneta de campo, e em seguida, foi calculada a altitude ortométrica das 180 amostras coletadas.

As curvas de nível e a geração do Modelo Digital do Terreno (MDT) basearam nas médias das altitudes ortométricas obtidas por nivelamento geométrico com nível topográfico, após análise estatística pelo desvio padrão.

Figura 69: Procedimento de obtenção de dados a partir do nivelamento geométrico com nível topográfico.



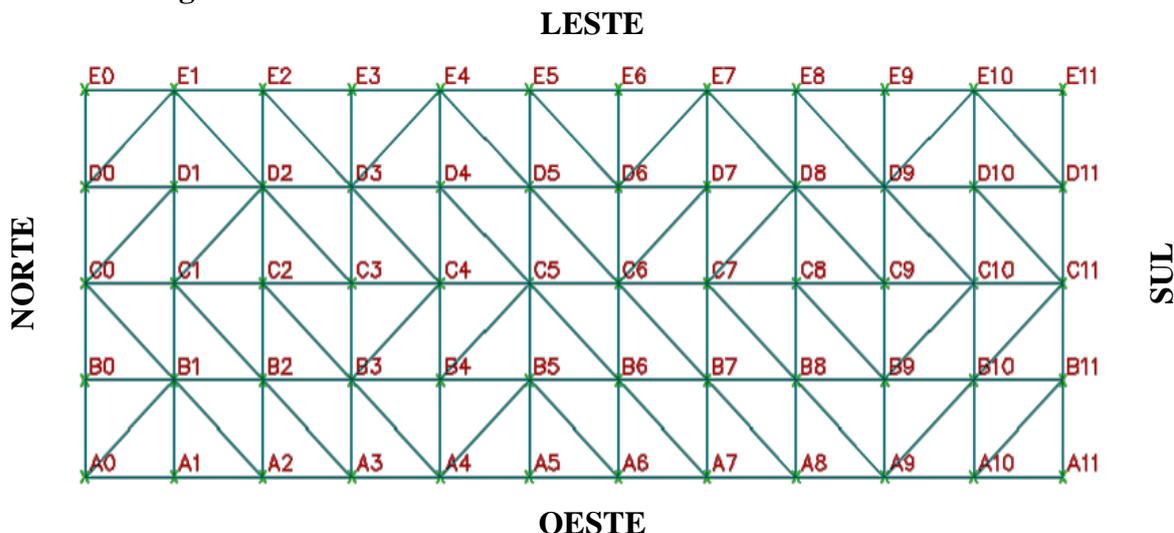
Fonte: arquivo pessoal.

No eixo das abscissas (x) os valores das distâncias horizontais variaram de 0,000 a 55,000 m e no eixo das ordenadas (y) variaram de 0,000 a 20,000 m. No eixo z os valores médios das altitudes ortométricas variaram de 0,816 m (estaca E11) a 3,185 m (estaca A0) com uma diferença de nível correspondente a 2,368 m.

Para obter os dados planialtimétricos, o nível topográfico foi estacionado entre a Referência de Nível (RN) e a malha quadricular. Primeiramente, foi realizada uma visada de ré para o RN (4,815 m) para calcular a altura do instrumento na medição 01 (5,109 m), medição 02 (5,191 m) e medição 03 (5,193m). E posteriormente, foram realizadas as visadas vantes para as 60 estacas.

A partir das distâncias horizontais e dos valores médios das altitudes ortométricas das estacas foi possível gerar a malha triangular no Programa *Topograph* com 60 vértices. Dessa forma, foi traçado 88 triângulos com 147 lados (Figura 70).

Figura 70: Representação gráfica da malha triangular gerada a partir do nivelamento geométrico.



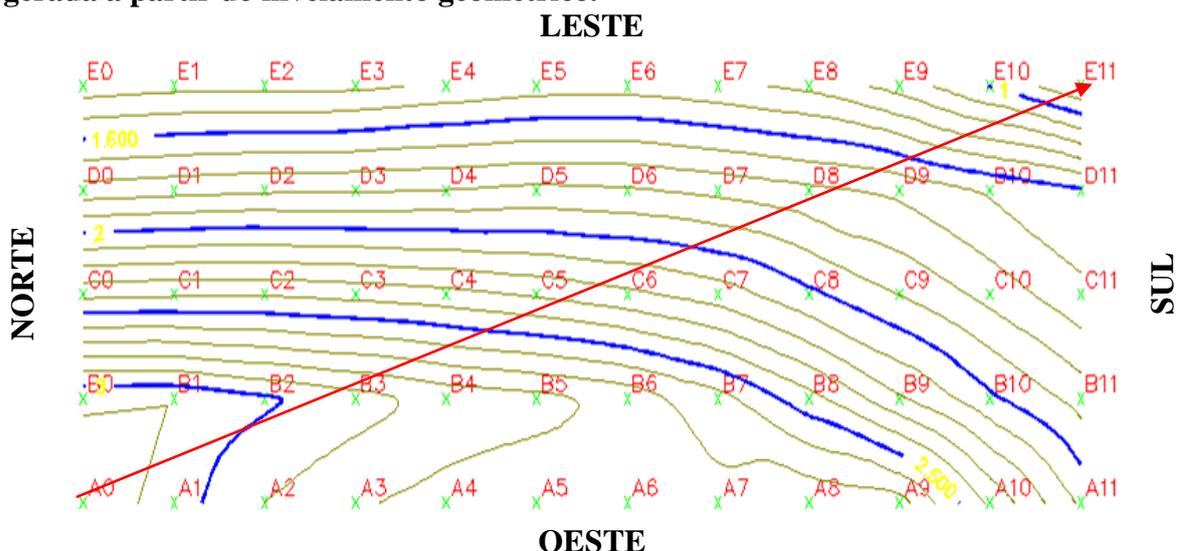
Após gerar a malha triangular foi possível desenhar as curvas de nível do terreno com equidistância de 0,100 m (Figura 70). As curvas mestras (linhas mais espessas) apresentam valores de altitudes ortométricas de 3,000 m, 2,500 m, 2,000 m, 1,500 m e 1,000 m na direção da estaca A0 para estaca E11, ou seja, as curvas mestras foram geradas com espaçamento de 0,500 m entre si.

As curvas de nível consistem em linhas imaginárias que unem pontos na superfície do terreno com a mesma altitude. Na Figura 71 constata-se que as curvas de nível apresentam valores de altitudes ortométrica variando de 3,100 m a 0,900m. O setor situado entre os alinhamentos nomeados de B e E apresentam as linhas do terreno em curva com inclinação quase uniforme. Entre os alinhamentos nomeados de A e B as linhas do terreno se apresentaram com declinação desuniforme.

Na Figura 71 é possível verificar a declividade do terreno por meio das curvas de nível, ou seja, quanto mais próximas estiverem estas linhas, a declividade será maior. E quanto mais afastadas, a declividade será menor. No setor Oeste, especificamente, entre os alinhamentos A e B, enumerados de 0 a 7, observamos que a inclinação do terreno é menor em relação aos outros setores, pois, as linhas encontram-se mais espaçadas.

Ainda dentro desse enfoque, sabemos que a declividade consiste na relação da diferença de nível entre dois pontos no relevo e a distância horizontal entre eles, ou seja, é o grau de inclinação que o eixo vertical (y) tem em relação ao eixo horizontal (x). Os dados de declividade são expressos, geralmente, em porcentagem (%) ou em graus (°).

Figura 71: Representação gráfica das curvas de nível com equidistância de 0,10 m gerada a partir do nivelamento geométrico.



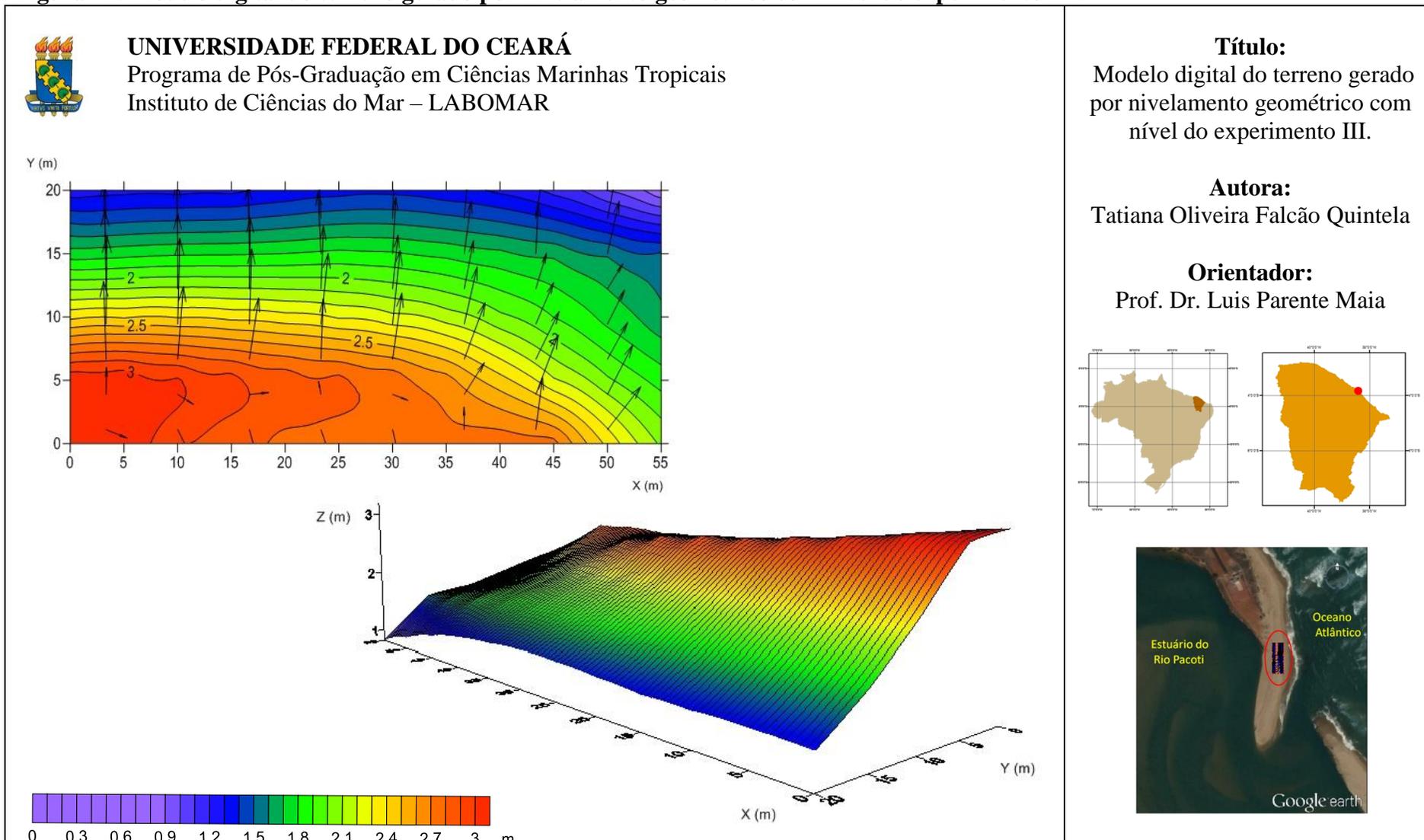
Os valores de declividade da faixa de praia variaram de -9,69% (A0→E0) a -6,33% (A11→E11) no setor norte e no setor sul, respectivamente. O parâmetro de declividade é de fundamental importância como parâmetro de classificação de feições costeiras.

Após o processamento dos dados foi gerado o Modelo Digital do Terreno com uma área de superfície correspondente a 1.104,557 m² (Figura 72). Considerando-se a linha de referência da altitude ortométrica de 0,816 m (cota mínima mensurada), o volume de sedimentos existente na área de superfície é de 1.459,933 m³.

6.2. Levantamento topográfico por método trigonométrico com estação total

Entende-se levantamento topográfico por método trigonométrico como sendo a diferença de nível entre dois ou mais pontos obtidos a partir de medidas de distâncias e

Figura 72: Modelo digital do terreno gerado por nivelamento geométrico com nível do experimento III.



ângulos por meio da trigonometria. Nesse segundo experimento, as altitudes ortométricas (z) e as posições (x, y) das estacas foram obtidos pela estação total por meio medidas de distâncias e ângulos.

Inicia-se o procedimento armando o tripé numa altura que após a fixação da estação total, o observador fique numa posição confortável para realizar as leituras. Em seguida, a estação total foi fixada ao tripé com o uso do parafuso de fixação. O eixo vertical do equipamento foi estacionado em cima da estação “A” com o uso do prumo laser e depois, nivelado com o auxílio do nível de bolha circular e o nível de bolha tubular (fazendo ajustes com as pernas do tripé e/ou com os parafusos calantes).

Após verificação do eixo vertical (prumo laser) e do nivelamento (nível de bolha circular e tubular) da estação total, iniciou-se o levantamento posicionando o prisma sobre a Referência de Nível (RN) correspondente a 4,815 m para zerar o equipamento (0°0'0”), ou seja, dar referência. Em seguida, foram realizadas as visadas vantes para as 60 estacas. O procedimento foi repetido três vezes em cada estaca, totalizando 180 amostras referentes à altitude ortométrica (referida ao nível médio dos mares).

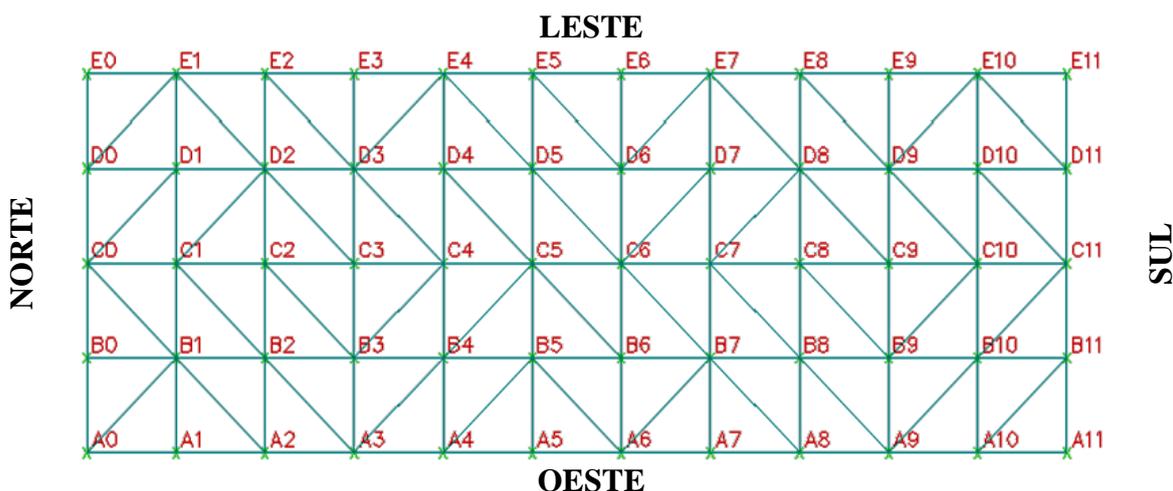
Os dados obtidos por meio do nivelamento trigonométrico com a estação total foram armazenados na memória interna do equipamento, e em seguida, descarregados no Programa *Topograph* para processamento dos dados. Posteriormente, foram compilados e processados no Programa *ArcView Gis 10*.

A distância vertical do traçado das curvas de nível e a geração do Modelo Digital do Terreno (MDT) basearam nas médias das altitudes ortométricas (referida ao nível médio dos mares) obtidas por nivelamento trigonométrico com estação total, após análise estatística pelo desvio padrão.

Os valores das distâncias horizontais variaram de 0,000 a 55,000 m no eixo x e de 0,000 a 20,000 m no eixo y. Os valores médios das altitudes ortométricas variaram de 0,802 m (estaca E11) a 3,164 m (estaca A0) no eixo z, com uma diferença de nível correspondente a 2,363 m.

A partir dos valores médios das altitudes ortométricas e das distâncias horizontais também foi possível gerar a malha triangular no Programa *Topograph* a partir de 60 vértices. Foram gerados 88 triângulos, totalizando 147 lados, (Figura 73).

Figura 73: Representação gráfica da malha triangular gerada a partir do nivelamento trigonométrico.



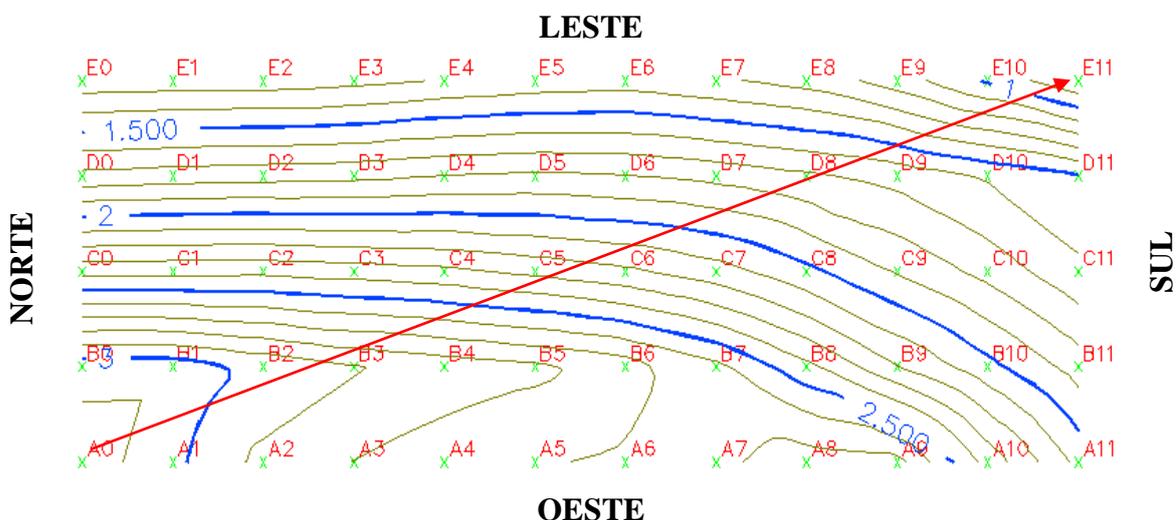
As curvas de nível do terreno foram traçadas com equidistância de 0,100 m e as curvas mestras foram geradas com espaçamento de 0,500 m entre si (Figura 74). As curvas mestras (linhas mais espessas) também apresentaram valores de altitudes ortométricas de 3,000 m, 2,500 m, 2,000 m, 1,500 m e 1,000 m na direção da estaca A0 para estaca E11.

O setor situado entre os alinhamentos nomeados de B e E apresentam as linhas do terreno em curva com inclinação quase uniforme. Já entre os alinhamentos A e B as linhas do terreno se apresentaram com declinação desuniforme.

Na Figura 74, o setor Oeste, precisamente, entre os alinhamentos A e B, enumerados de 0 a 7, foi observado que a inclinação do terreno é menor em relação aos outros setores, pois, as curvas de nível encontram-se mais espaçadas. Entre os alinhamentos B e E, nomeados de 0 a 8 constatamos que as linhas estão mais próximas uma das outras, ou seja, a inclinação do terreno é maior. Os valores de declividade da faixa

de praia variaram de -9,65% (A0→E0) a -6,35% (A11→E11) no setor norte e no setor sul, respectivamente.

Figura 74: Representação gráfica das curvas de nível com equidistância de 0,10 m gerada a partir do nivelamento trigonométrico com estação total.

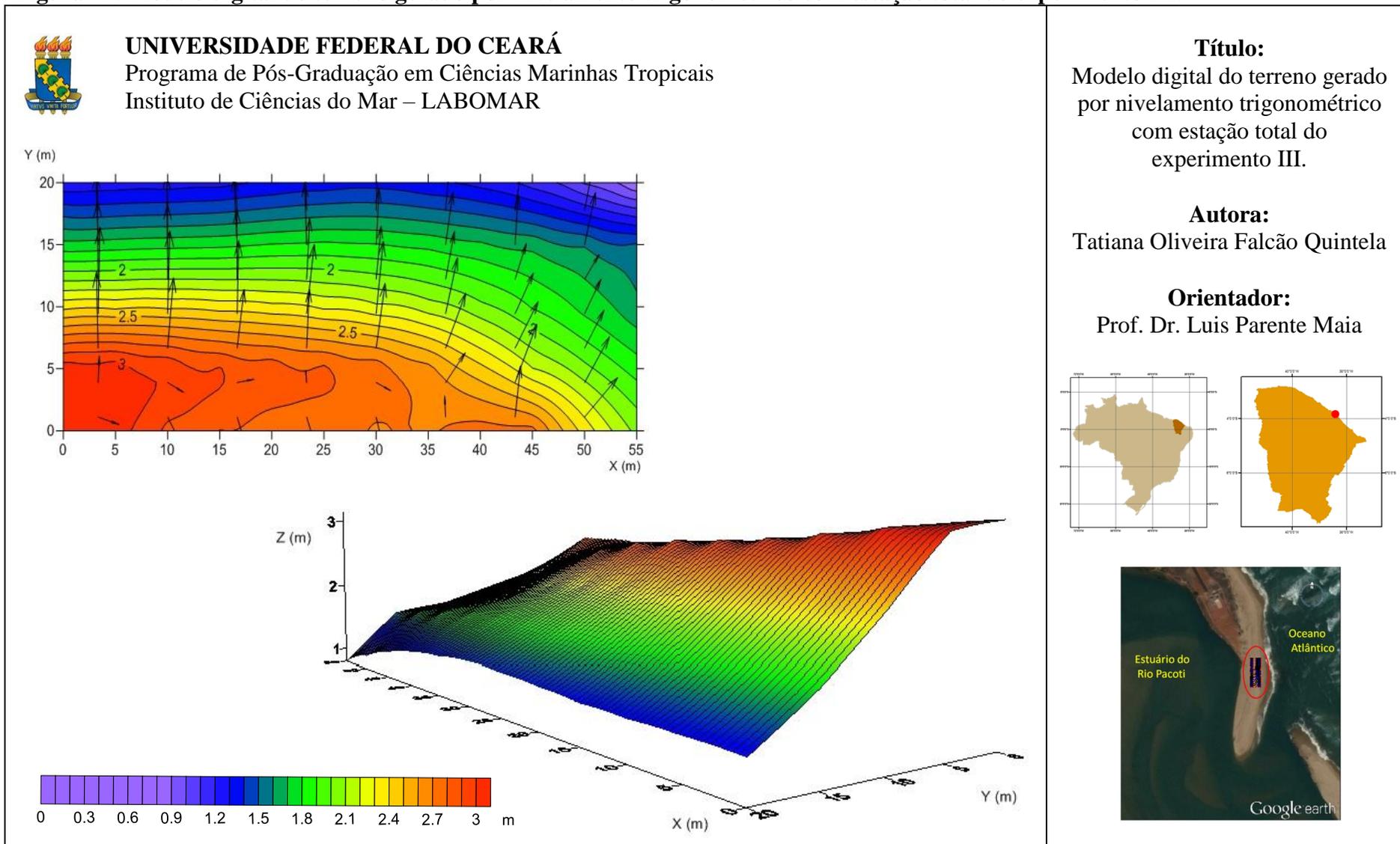


Após o processamento dos dados foi gerado o Modelo Digital do Terreno com uma área de superfície correspondente a 1.104,524 m² (Figura 75). Considerando-se a linha de referência da altitude ortométrica de 0,802 m (cota mínima mensurada), o volume de sedimentos existente na área de superfície é de 1.462,125 m³.

6.3. Levantamento geodésico por posicionamento relativo com *Real Time Kinematic* (RTK)

O levantamento geodésico por posicionamento relativo consiste na obtenção de dados tridimensionais (x, y, z) determinadas em relação a um referencial materializado por meio de uma ou mais estações com coordenadas conhecidas. No terceiro experimento, as altitudes ortométricas (z) e as posições (x, y) das estacas foram obtidos através do RTK. As coordenadas não foram utilizadas para gerar a malha, e sim, as distâncias horizontais geradas pelo método de quadriculação.

Figura 75: Modelo digital do terreno gerado por nivelamento trigonométrico com estação total do experimento III.



A base do RTK foi estacionada e nivelada sobre um ponto de coordenadas desconhecidas, porém, de referência altimétrica ortométrica conhecida (5,350 m). Através da coletora foi possível configurar o equipamento, informar a altura da antena e obter uma coordenada provisória no módulo de navegação (Figura 76).

Figura 76: Configuração da base e do rover do RTK pela coletora.



Fonte: arquivo pessoal.

Foi acordado em estacionar a base do RTK em local de coordenadas desconhecidas. Dessa forma, foi necessário respeitar o tempo mínimo de rastreamento da base (30 minutos) para o comprimento da linha de base situada entre 10 a 20 km com frequência L1 e L2, conforme a Norma Técnica para Georeferenciamento de Imóveis Rurais do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA).

Em seguida o *rover* do RTK foi configurado e iniciado o levantamento de dados para gerar as curvas de nível e o MDT do terreno. O equipamento foi posicionado e nivelado ao lado das 60 estacas. O procedimento foi repetido três vezes em cada estaca, totalizando 180 amostras referentes à altitude geométrica (referida ao elipsoide).

Os dados da estação de referência (base) foram processados a partir de duas Redes Brasileiras de Monitoramento Contínuo (RBMC), nomeadas de CEEU e CEFT em SIRGAS 2000. Após o processamento foram determinadas as coordenadas UTM

(9.577.513,879 N / 566.323,661 E), as coordenadas Geográficas (03°52'19,5568" S / 38°24'09,5653" W) e a altitude geométrica (-3,232 m) da base, com desvio padrão de 0,004 m na horizontal (H) e 0,007 m na vertical (V). Em seguida, os dados oriundos do Rover foram processados para obter as coordenadas e a altitude geométrica dos pontos.

A altitude determinadas pelo RTK é referida à superfície do elipsoide, conhecida como altitude geométrica ou altitude elipsoidal (h). Entretanto, a superfície de referência altimétrica adotada no território brasileiro é o geoide, ou seja, superfície referida ao nível médio dos mares. A altitude referida ao geoide é denominada de altitude ortométrica (H).

Com o auxílio das coordenadas geográficas em SIRGAS 2000 e o Programa MAPGEO 2010, disponível gratuitamente no *site* do IBGE, foi possível calcular a ondulação geoidal (N) das estacas mensuradas com o RTK (Figura 77). O valor da ondulação geoidal (N) para as coordenadas informadas foi de -8,77 m.

Figura 77: Obtenção da ondulação geoidal a partir do Programa MAPGEO 2010.

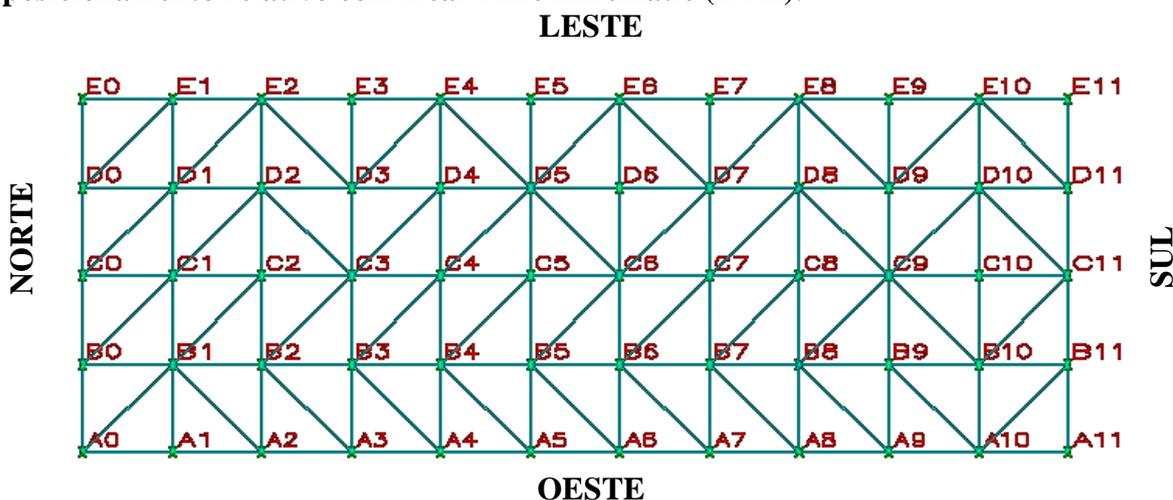


Após a conclusão do processamento dos dados brutos obtidos por meio de levantamentos geodésicos foi possível gerar uma quantidade de pontos tridimensionais (X, Y, Z) georreferenciados no Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) em SIRGAS 2000.

Os valores das distâncias horizontais variaram de 0,000 a 55,000 m no eixo x e de 0,000 a 20,000 m no eixo y. Os valores médios das altitudes ortométricas variaram de 0,849 m (estaca E11) a 3,216 m (estaca A0) no eixo z, com uma diferença de nível correspondente a 2,367 m.

A partir dos valores médios das altitudes ortométricas e das distâncias horizontais também foi possível gerar a malha triangular no Programa *Topograph* a partir dos 60 vértices. Foram gerados 88 triângulos, totalizando 147 lados, (Figura 78).

Figura 78: Representação gráfica da malha triangular gerada a partir do posicionamento relativo com Real Time Kinematic (RTK).



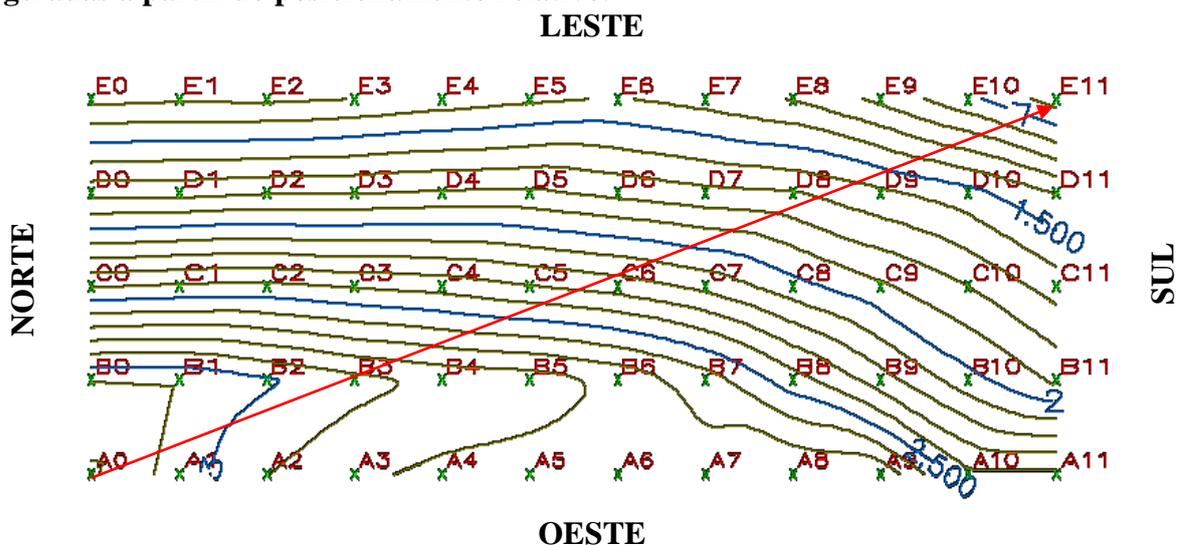
As curvas de nível do terreno foram traçadas com equidistância de 0,100 m e as curvas mestras foram geradas com espaçamento de 0,500 m entre si (Figura 79). As curvas mestras (linhas mais espessas) apresentaram valores de altitudes ortométricas de 3,000 m, 2,500 m, 2,000 m, 1,500 m e 1,000 m na direção da estaca A0 para estaca E11.

O setor situado entre os alinhamentos nomeados de B e E apresentam as linhas do terreno em curva com inclinação quase uniforme para o sentido sul. Já entre os alinhamentos A e B as linhas do terreno se apresentaram com declinação desuniforme.

No setor Oeste, precisamente, entre os alinhamentos A e B, enumerados de 0 a 7, observamos que a inclinação do terreno é menor em relação aos outros setores, pois, as

curvas de nível encontram-se mais espaçadas. Entre os alinhamentos B e E, nomeados de 0 a 8 constatamos que as linhas estão mais próximas uma das outras, ou seja, a inclinação do terreno é maior. Os valores de declividade da faixa de praia variaram de -9,74% (A0→E0) a -6,54% (A6→E6) no sentido oeste-leste.

Figura 79: Representação gráfica das curvas de nível com equidistância de 0,10 m geradas a partir do posicionamento relativo.

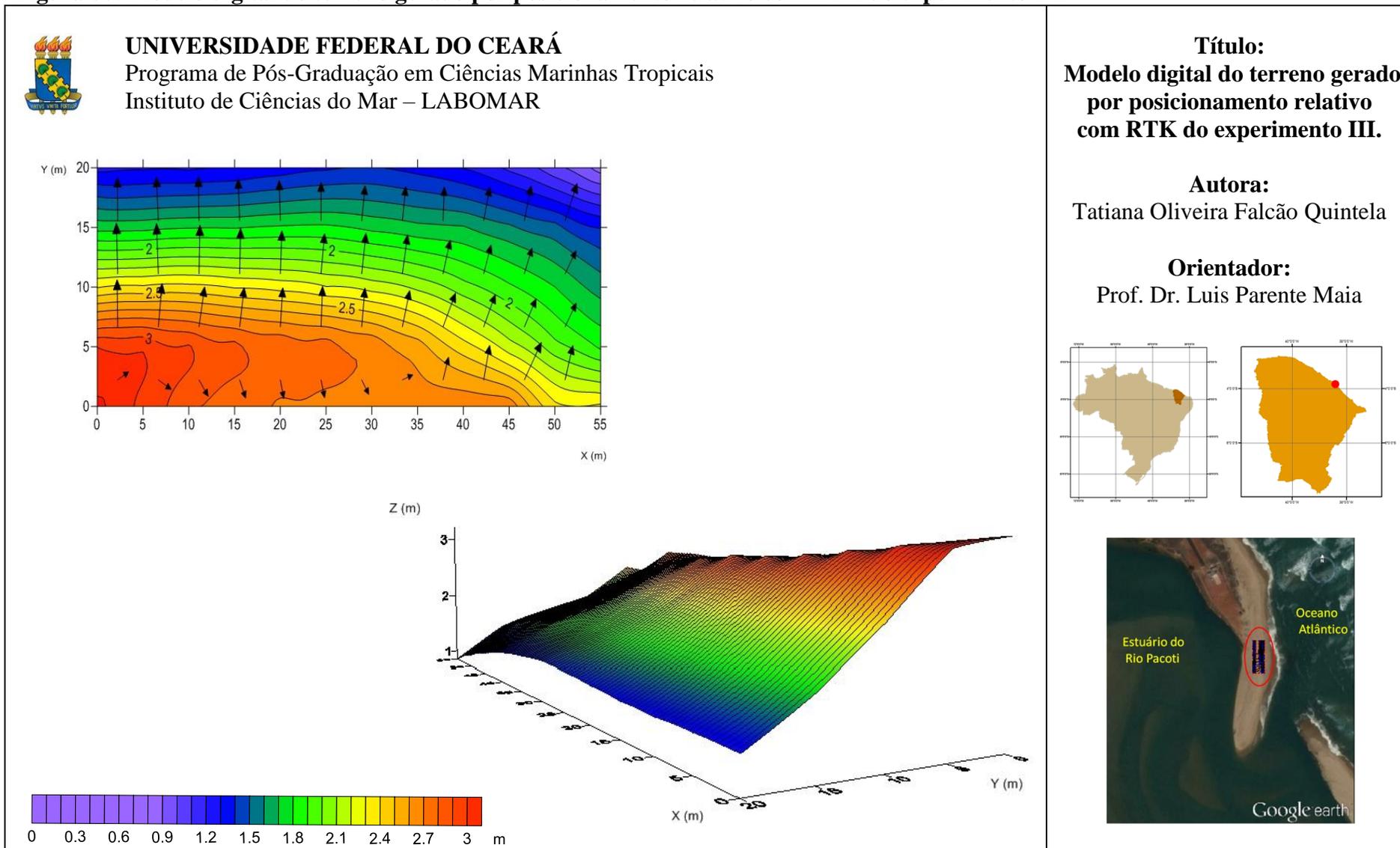


Contatou-se que a área de superfície do Modelo Digital do Terreno é de 1.104,464 m² (Figura 80). Considerando-se a linha de referência da altitude ortométrica de 0,849 m (cota mínima mensurada), o volume de sedimentos existente na área de superfície é de 1.435,575 m³.

6.4. Análise comparativa dos métodos e equipamentos

A obtenção de dados qualitativos é de fundamental importância no estudo morfológico de feições costeiras. O Modelo Digital do Terreno (MDT) é uma ferramenta poderosa, pois, dele pode ser extraído uma variedade de informações, como por exemplo, curvas de nível, perfil topográfico, área, volume e declividade. O MDT é um instrumento que pode oferecer subsídios satisfatórios no monitoramento das feições costeiras.

Figura 80: Modelo digital do terreno gerado por posicionamento relativo com RTK do experimento III.



Nesse estudo, foi constatado que o nivelamento geométrico com o nível topográfico apresentou melhores resultados do que os outros métodos e equipamentos (nivelamento trigonométrico com estação total e o posicionamento relativo com RTK) na obtenção dos dados altimétricos. Entretanto, o método foi considerado como o mais demorado dos três analisados. Tal fato é decorrente da leitura do fio estadimétrico médio, e também, das anotações manuais na caderneta de campo.

Em segundo lugar na qualidade e na precisão dos dados, foi destacado o nivelamento trigonométrico com estação total. Tal fato pode estar relacionado com o manuseio correto do prisma, pois, a extremidade do bastão entra nos cálculos para obter a distância vertical de um ponto. Infelizmente, a sedimentologia da praia (praia arenosa) dificulta o uso do bastão com o prisma para obtenção da distância vertical.

E em terceiro lugar, ficou sendo o método por posicionamento relativo por *Real Time Kinematic* (RTK) na precisão altimétrica. Quando comparamos a altitude ortométrica do marco de referência (4,815 m) com a altitude ortométrica calculada por meio da diferença de ondulação geoidal (-8,77 m) com a altitude elipsoidal (-3,766 m), foi constatado uma diferença de 0,189 m, ou seja, 18,9 cm. O uso do RTK apresentou como o método mais rápido na coleta de dados *in situ*.

Foi observado poucas variações na diferença de nível (m), na área (m²) e no volume (m³) oriundos dos métodos e equipamentos distintos (Quadro 32).

Quadro 32: Informações resultantes dos dados obtidos pelos métodos e equipamentos distintos.

Variáveis	Altitude Mínima (m)	Altitude Máxima (m)	Diferença de Nível (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)
Nível Topográfico	0,816	3,185	2,369	1.104,557	1.459,933
Estação Total	0,802	3,164	2,362	1.104,524	1.462,125
RTK	0,849	3,216	2,367	1.104,464	1.435,575

A diferença de volume sedimentar entre o método de nivelamento geométrico com nível e o método de triangulação com estação total foi de 2,192 m³. E a diferença do método de nivelamento geométrico com nível e o RTK foi de 24,358 m³.

As vantagens, as desvantagens e os tipos de cuidados ao aplicar os métodos e os equipamentos na obtenção de dados foram descritas no Quadro 33. No que se relaciona a precisão do levantamento, foi classificada em: baixa precisão, média precisão e alta precisão. E que se refere ao custo do equipamento, foi classificada em: custo baixo, custo médio e custo alto. O tempo de execução do levantamento foi classificado em: demorado, moderado e rápido.

Quadro 33: Vantagens, desvantagens e tipos de cuidados adotados durante o levantamento topográfico e geodésico.

Métodos	Equipamentos	Vantagens	Desvantagens	Cuidados
Método da Quadrícula	<ul style="list-style-type: none"> Nível Topográfico. 	<ul style="list-style-type: none"> Alta precisão; Baixo custo; Gerar curvas de nível. 	<ul style="list-style-type: none"> Demorado e trabalhosos; Aplicações em áreas com desnível significativo. 	<ul style="list-style-type: none"> Equipamento deve estar aferido; Equipamento deve estar nivelado; Garantir a verticalidade da baliza; Usar nível de cantoneira acoplado a baliza; Garantir o alinhamento; Estabelecer a distância entre as estacas com a trena na horizontal.
Nivelamento Geométrico	<ul style="list-style-type: none"> Nível Topográfico 	<ul style="list-style-type: none"> Alta precisão; Baixo custo; Auxílio na criação dos alinhamentos longitudinais e transversais; Obtenção de dados altimétricos; Verificação dos dados. 	<ul style="list-style-type: none"> Levantamento demorado e trabalhoso; Leituras efetuadas manualmente; Processamento dos dados demorado; Equipamento não armazena os dados. 	<ul style="list-style-type: none"> Equipamento deve estar aferido; Leitura dos fios estadimétricos; Equipamento deve estar nivelado; Garantir a verticalidade da mira; Usar nível de cantoneira acoplado a mira; Evitar usar a mira topográfica acima de 3 m; Anotações dos dados.
Nivelamento trigonométrico	<ul style="list-style-type: none"> Estação Total 	<ul style="list-style-type: none"> Média precisão; Médio custo; Agilidade no levantamento e processamento dos dados; Armazenamento de dados. 	<ul style="list-style-type: none"> Diversas possibilidades de cometer erro; Armazena os dados; Verificação após descarregamento dos dados. 	<ul style="list-style-type: none"> Equipamento deve estar aferido; Equipamento deve estar nivelado; Verificar a constante do prisma; Informar a altura do instrumento; Informar a altura do prisma; Garantir a verticalidade do prisma; Não enterrar a ponteira do bastão do prisma.
Posicionamento Relativo	<ul style="list-style-type: none"> RTK 	<ul style="list-style-type: none"> Baixa precisão na vertical; Alto custo; Agilidade no levantamento e processamento dos dados; Armazenamento de dados. 	<ul style="list-style-type: none"> Diversas possibilidades de cometer erro; Tempo de rastreio; Pós-processamento depende do relatório da RBMC; Altitude geométrica; Verificação após descarregamento dos dados. 	<ul style="list-style-type: none"> Equipamento deve estar aferido; Verificar a comunicação base e rover; Configurar o equipamento; Equipamento (base) deve estar nivelado; Equipamento (rover) deve estar nivelado; Garantir a verticalidade do bastão; Não enterrar a ponteira do bastão do prisma.

7. LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO E GEODÉSICO APLICADOS EM FAIXA DE PRAIAS

As praias compõem o ambiente frontal de muitos sistemas costeiros e são conhecidas como regiões extremamente dinâmicas, cujas características morfológicas refletem o agente modificador predominante, podendo ser este de caráter climático, meteorológico, morfodinâmico, geológico, geomorfológico ou hidrodinâmico (SILVA, 2004). Sendo considerada uma feição costeira mais comum de uma costa deposicional (GARRISON, 2010).

A representação gráfica da seção da faixa de praia por meio de perfil topográfico torna-se uma ferramenta de fundamental importância para obter dados sobre a sua morfologia, como por exemplo, largura (m), área (m²), volume (m³), declividade em percentual (%) e graus (°). O perfil topográfico é uma das ferramentas cruciais para o planejamento e gestão de ambientes costeiros, por isso, a importância de saber qual o melhor método e equipamento para obtenção de dados altimétricos da faixa de praia.

Existem diversos pesquisadores que realizam estudos morfodinâmicos a partir de levantamentos topográficos e/ou geodésicos para obtenção de dados, tais como: AB' SABER, 1979; BITTENCOURT et. al. 1979; MARTIN et. al. 1982; KOMAR, 1983; SHORT et al., 1984; SUGUIO et. al. 1985; DIAS, 1990; MORAIS & MEIRELES, 1992; CARVALHO et al., 1994; MUEHE, 1995; MUEHE, 1996; BIRD, 1996; MORAIS, 1996; MAIA et al., 1997; DOMINGUEZ, 1999; PINHEIRO, 2000; MUEHE, 2001; CALLIARI et al., 2003; MARTINS et al., 2004; MUEHE, 2005; ANDRADE e FERREIRA, 2006; PINHEIRO et. al., 2006; MOURA et al., 2007; MOURA, 2008, FALCÃO-QUINTELA, 2008; ALBUQUERQUE et al., 2009; ALBUQUERQUE (2012); ARAUJO, 2010 et. al.; FALCÃO-QUINTELA, 2011; MOURA, 2012; ROCHA, 2013; dentre outros.

A Referência de Nível (RN) adota para o levantamento de dados altimétricos neste trabalho foi à altitude ortométrica (nível médio dos mares) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para isso, foi necessário realizar o “transporte de cota” do RN do nomeado de 2742U (14,2007 m) para mais próximo do local de realização da atividade experimental.

A altitude ortométrica dos marcos foi obtida por meio do método de nivelamento geométrico composto por contranivelamento a partir da RN do IBGE, 2742H (14,2007m), situada a 2,6 km de distância, em linha reta, do local de realização da atividade experimental (Figuras 24 e 29).

Foram realizadas 50 estações, 50 visadas de ré e 50 visadas vantes para calcular a altitude dos marcos de apoio, referida ao nível médio dos mares (Quadro 34). Entretanto, foram realizadas 84 repetições de estações para obter erro de fechamento igual à zero com o propósito de não ter a necessidade de distribuir o erro. A altitude ortométrica dos marcos foram calculadas por meio das equações 24 e 25.

Quadro 34: Dados obtidos do “transporte de cota” por nivelamento geométrico composto por contranivelamento.

Estações	Estacas	Vre	AI	Vvante	Altitude(m)	Estações	Estacas	Vre	AI	Vvante	Altitude(m)
A1	RN	2,767	16,967		14,200	Z1	12	1,761	5,729		-
A1	0		16,967	0,191	16,776	Z1	11		5,729	0,084	5,645
B1	0	0,124	16,900		-	A2	12	1,049	5,017		3,968
B1	RN		16,900	2,700	14,200	A2	13		5,017	1,474	3,543
C1	0	3,938	20,714		16,776	B1	13	1,450	4,993		-
C1	1		20,714	0,159	20,555	B2	12		4,993	1,025	3,968
D1	1	0,240	20,795		-	C2	13	1,208	4,751		3,543
D1	0		20,795	4,019	16,776	C2	14		4,751	0,601	4,150
E1	1	1,020	21,575		20,555	D2	14	0,828	4,978		-
E1	2		21,575	2,113	19,462	D2	13		4,978	1,435	3,543
F1	2	2,091	21,553		-	E2	14	1,131	5,281		4,150
F1	1		21,553	0,998	20,555	E2	15		5,281	1,180	4,101
G1	2	0,156	19,618		19,462	F2	15	1,211	5,312		-
G1	3		19,618	3,330	16,288	F2	14		5,312	1,162	4,150
H1	3	3,305	19,593		-	G2	15	1,133	5,234		4,101
H1	2		19,593	0,131	19,462	G2	16		5,234	1,484	3,750
I1	3	0,141	16,429		16,288	H2	16	1,498	5,248		-
I1	4		16,429	3,742	12,687	H2	15		5,248	1,147	4,101
J1	4	3,671	16,358		-	I2	16	1,587	5,337		3,750
J1	3		16,358	0,070	16,288	I2	17		5,337	1,174	4,163
K1	4	0,174	12,861		12,687	J2	17	1,172	5,335		-
K1	5		12,861	2,888	9,973	J2	16		5,335	1,585	3,750
L1	5	2,911	12,884		-	K2	17	1,011	5,174		4,163
L1	4		12,884	0,197	12,687	K2	18		5,174	1,693	3,481
M1	5	0,126	10,099		9,973	L2	18	1,711	5,192		-
M1	6		10,099	3,400	6,699	L2	17		5,192	1,029	4,163
N1	6	3,351	10,050		-	M2	18	1,139	4,620		3,481
N1	5		10,050	0,077	9,973	M2	19		4,620	0,978	3,642
O1	6	0,303	7,002		6,699	N2	19	0,912	4,554		-
O1	7		7,002	2,171	4,831	N2	18		4,554	1,073	3,481
P1	7	2,209	7,040		-	O2	19	1,199	4,841		3,642

P1	6		7,040	0,341	6,699	O2	20		4,841	0,127	4,714
Q1	7	1,174	6,005		4,831	P2	20	0,123	4,837		-
Q1	8		6,005	1,428	4,577	P2	19		4,837	1,195	3,642
R1	8	1,385	5,962		-	Q2	20	2,608	7,322		4,714
R1	7		5,962	1,131	4,831	Q2	21		7,322	1,295	6,027
S1	8	1,250	5,827		4,577	R2	21	1,296	7,323		-
S1	9		5,827	1,382	4,445	R2	20		7,323	2,609	4,714
T1	9	1,422	5,867		-	S2	21	1,090	7,117		6,027
T1	8		5,867	1,290	4,577	S2	22		7,117	1,801	5,316
U1	9	1,210	5,655		4,445	T2	22	1,744	7,060		-
U1	10		5,655	1,160	4,495	T2	21		7,060	1,033	6,027
V1	10	1,171	5,666		-	U2	22	1,346	6,662		5,316
V1	9		5,666	1,221	4,445	U2	23		6,662	1,312	5,350*
W1	10	2,330	6,825		4,495	V2	23	1,302	6,652		-
W1	11		6,825	1,180	5,645	V2	22		6,652	1,336	5,316
X1	11	1,210	6,855		-	W2	23	0,981	6,331		5,350
X1	10		6,855	2,360	4,495	W2	24		6,331	1,516	4,815**
Y1	11	0,030	5,675		5,645	X2	24	1,576	6,391		-
Y1	12		5,675	1,707	3,968	X2	23		6,391	1,041	5,350

*Altitude ortométrica do RN1 / ** Altitude ortométrica do RN2

Foram materializados dois marcos de referência altimétrica para dar suporte ao levantamento de campo (Figura 81). O primeiro com altitude ortométrica de 5,350 m em (coordenadas UTM 9.577.513,875 N e 566.323,662 E) e, o outro, com altitude ortométrica de 4,815 m (coordenadas UTM 9.577.474,635 N e 566.350,247 E). As coordenadas foram obtidas com o *Real Time Kinematic* (RTK) com precisão na horizontal de 0,004 m, na projeção SIRGAS 2000, Fuso/Zona 24M.

Figura 81: Localização dos marcos de referência altimétrica e planimétrica próximo a desembocadura do estuário do rio Pacoti.



Fonte: imagem Quik Bird 2012 disponível no Programa Google Earth.

A atividade experimental ocorreu no *spit* arenoso da desembocadura do estuário do Rio Pacoti, no Município de Fortaleza, Ceará, durante a baixamar de sizígia do dia 15 de julho de 2014. Segundo a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) a amplitude de maré foi de 3,1 m para a tábua de maré do Porto do Mucuripe.

Foram realizados 11 perfis perpendiculares à faixa de praia com espaçamento de 5 m, e em cada seção, foram distribuídos 05 piquetes de madeiras com espaçamento de 5 m, totalizando uma extensão de 20 m. O terreno foi estaqueado a partir do uso nível topográfico e alguns acessórios topográficos (tripé de alumínio, balizas, nível de cantoneira, trena, cordão e piquetes) para garantir o alinhamento das estacas, ou seja, lados com dimensões iguais.

A partir da NBR 13.133/1994, e também, das literaturas de PARADA, [1968?]; BREED, 1969; RODRIGUES, 1979; ESPARTEL, 1980; DOUBEK, 1989; GARCIA & PIEDADE, 1989; BORGES, 1992; LOCH E CORDINI, 1995; SANTOS et al., 2001; DINIZ, 2004, ESTEVES, 2004; ANDRADE e FERREIRA (2006); MCCORMAC, 2007; e dentre outros, os dados altimétricos foram obtidos pelos seguintes métodos e equipamentos:

- Levantamento topográfico por nivelamento geométrico com nível;
- Levantamento topográfico por nivelamento trigonométrico com estação total;
- Levantamento topográfico por método hidrostático com mangueira de nível;
- Levantamento geodésico por posicionamento relativo com *Real Time Kinematic* (RTK).

7.1. Levantamento topográfico por nivelamento geométrico com nível

As altitudes ortométricas (z) e as posições (x , y) das estacas foram obtidos pelo nível topográfico e pela trena, respectivamente. Foi armado um tripé em local estratégico e numa altura que após a fixação do nível, o observador ficasse numa posição confortável para realizar as leituras. Em seguida, o nível foi fixado ao tripé com o auxílio do parafuso de fixação. O eixo vertical do equipamento foi estacionado em cima de um ponto qualquer e nivelado com o auxílio do nível de bolha circular (fazendo ajustes com as pernas do tripé e/ou com os parafusos calantes).

O levantamento foi iniciado posicionando a mira sobre a Referência de Nível (RN) de altitude ortométrica de 4,815 m, e posteriormente, a mira foi posicionada ao lado de cada estaca, correspondente aos 11 perfis topográficos. O procedimento foi repetido três vezes em cada estaca, ou seja, em cada perfil foram coletados 15 amostras para análise estatística (Quadros 35 a 54).

Os desvios padrões (m) das amostras variaram de $\pm 0,000$ m a $\pm 0,005$ m, ou seja, apresentaram pouca dispersão em relação a média ariméticas. As amostras que se encontravam fora do limite do desvio padrão (m) foram excluídas e analisadas novamente (Quadros 36, 38, 40, 42, 44, 47, 52, 54).

Quadro 35: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 1.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	3,186	3,182	3,186	3,185	3	0,001	-0,003	0,001	0,0000018	0,0000071	0,0000018	0,0000107	0,002	0,001	0,0000053	0,073
1	3,082	3,079	3,082	3,081	3	0,001	-0,002	0,001	0,0000010	0,0000040	0,0000010	0,0000060	0,002	0,001	0,0000030	0,056
2	2,366	2,375	2,375	2,372	3	-0,006	0,003	0,003	0,0000360	0,0000090	0,0000090	0,0000540	0,005	0,003	0,0000270	0,219
3	1,745	1,746	1,748	1,746	3	-0,001	0,000	0,002	0,0000018	0,0000001	0,0000028	0,0000047	0,002	0,001	0,0000023	0,087
4	1,246	1,250	1,249	1,248	3	-0,002	0,002	0,001	0,0000054	0,0000028	0,0000004	0,0000087	0,002	0,001	0,0000043	0,167

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 36: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 1, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	3,186	-	3,186	3,186	2	0,000	-	0,000	0,0000000	-	0,0000000	0,0000000	0,000	0,000	0,0000000	0,000
1	3,082	3,079	3,082	3,081	3	0,001	-0,002	0,001	0,0000010	0,0000040	0,0000010	0,0000060	0,002	0,001	0,0000030	0,056
2	-	2,375	2,375	2,375	2	-	0,000	0,000	-	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,000	0,000	0,0000000	0,000
3	1,745	1,746	1,748	1,746	3	-0,001	0,000	0,002	0,0000018	0,0000001	0,0000028	0,0000047	0,002	0,001	0,0000023	0,087
4	1,246	1,250	1,249	1,248	3	-0,002	0,002	0,001	0,0000054	0,0000028	0,0000004	0,0000087	0,002	0,001	0,0000043	0,167

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 37: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 2.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ₁ ²	d ₂ ²	d ₃ ²	Σd _i ²	m (±)	M (±)	V	CV
0	3,047	3,044	3,044	3,045	3	0,002	-0,001	-0,001	0,0000040	0,0000010	0,0000010	0,0000060	0,002	0,001	0,0000030	0,057
1	3,094	3,096	3,096	3,095	3	-0,001	0,001	0,001	0,0000018	0,0000004	0,0000004	0,0000027	0,001	0,001	0,0000013	0,037
2	2,389	2,383	2,387	2,386	3	0,003	-0,003	0,001	0,0000071	0,0000111	0,0000004	0,0000187	0,003	0,002	0,0000093	0,128
3	1,761	1,767	1,767	1,765	3	-0,004	0,002	0,002	0,0000160	0,0000040	0,0000040	0,0000240	0,003	0,002	0,0000120	0,196
4	1,272	1,270	1,270	1,271	3	0,001	-0,001	-0,001	0,0000018	0,0000004	0,0000004	0,0000027	0,001	0,001	0,0000013	0,091

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d_i² = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd_i² = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 38: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 2, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ₁ ²	d ₂ ²	d ₃ ²	Σd _i ²	m (±)	M (±)	V	CV
0	3,047	3,044	3,044	3,045	3	0,002	-0,001	-0,001	0,0000040	0,0000010	0,0000010	0,0000060	0,002	0,001	0,0000030	0,057
1	3,094	3,096	3,096	3,095	3	-0,001	0,001	0,001	0,0000018	0,0000004	0,0000004	0,0000027	0,001	0,001	0,0000013	0,037
2	2,389	2,383	2,387	2,386	3	0,003	-0,003	0,001	0,0000071	0,0000111	0,0000004	0,0000187	0,003	0,002	0,0000093	0,128
3	-	1,767	1,767	1,767	2	-	0,000	0,000	-	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,000	0,000	0,0000000	0,000
4	1,272	1,270	1,272	1,271	3	0,001	-0,001	0,001	0,0000004	0,0000018	0,0000004	0,0000027	0,001	0,001	0,0000013	0,091

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d_i² = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd_i² = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 39: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 3.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ₁ ²	d ₂ ²	d ₃ ²	Σd _i ²	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,900	2,899	2,902	2,900	3	0,000	-0,001	0,002	0,0000001	0,0000018	0,0000028	0,0000047	0,002	0,001	0,0000023	0,053
1	3,016	3,017	3,013	3,015	3	0,001	0,002	-0,002	0,0000004	0,0000028	0,0000054	0,0000087	0,002	0,001	0,0000043	0,069
2	2,388	2,393	2,394	2,392	3	-0,004	0,001	0,002	0,0000134	0,0000018	0,0000054	0,0000207	0,003	0,002	0,0000103	0,134
3	1,783	1,789	1,784	1,785	3	-0,002	0,004	-0,001	0,0000054	0,0000134	0,0000018	0,0000207	0,003	0,002	0,0000103	0,180
4	1,270	1,270	1,269	1,270	3	0,000	0,000	-0,001	0,0000001	0,0000001	0,0000004	0,0000007	0,001	0,000	0,0000003	0,045

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d_i² = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd_i² = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 40: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 3, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ₁ ²	d ₂ ²	d ₃ ²	Σd _i ²	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,900	2,899	2,902	2,900	3	0,000	-0,001	0,002	0,0000001	0,0000018	0,0000028	0,0000047	0,002	0,001	0,0000023	0,053
1	3,016	3,017	3,013	3,015	3	0,001	0,002	-0,002	0,0000004	0,0000028	0,0000054	0,0000087	0,002	0,001	0,0000043	0,069
2	-	2,393	2,394	2,394	2	-	-0,001	0,001	-	0,0000003	0,0000003	0,0000005	0,001	0,001	0,0000005	0,030
3	1,783	-	1,784	1,784	2	-0,001	-	0,000	0,0000003	-	0,0000002	0,0000005	0,001	0,001	0,0000005	0,040
4	1,270	1,270	1,269	1,270	3	0,000	0,000	-0,001	0,0000001	0,0000001	0,0000004	0,0000007	0,001	0,000	0,0000003	0,045

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d_i² = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd_i² = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 41: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 4.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ₁ ²	d ₂ ²	d ₃ ²	Σd _i ²	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,818	2,817	2,810	2,815	3	0,003	0,002	-0,005	0,0000090	0,0000040	0,0000250	0,0000380	0,004	0,003	0,0000190	0,155
1	2,948	2,950	2,955	2,951	3	-0,003	-0,001	0,004	0,0000090	0,0000010	0,0000160	0,0000260	0,004	0,002	0,0000130	0,122
2	2,367	2,367	2,367	2,367	3	0,000	0,000	0,000	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,000	0,000	0,0000000	0,000
3	1,788	1,793	1,788	1,790	3	-0,002	0,003	-0,002	0,0000028	0,0000111	0,0000028	0,0000167	0,003	0,002	0,0000083	0,161
4	1,275	1,274	1,275	1,275	3	0,000	-0,001	0,000	0,0000001	0,0000004	0,0000001	0,0000007	0,001	0,000	0,0000003	0,045

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d_i² = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd_i² = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 42: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 4, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ₁ ²	d ₂ ²	d ₃ ²	Σd _i ²	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,818	2,817	-	2,818	2	0,001	0,000	-	0,0000003	0,0000002	-	0,0000005	0,001	0,000	0,0000005	0,025
1	2,948	2,950	2,955	2,951	3	-0,003	-0,001	0,004	0,0000090	0,0000010	0,0000160	0,0000260	0,004	0,002	0,0000130	0,122
2	2,367	2,367	2,367	2,367	3	0,000	0,000	0,000	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,000	0,000	0,0000000	0,000
3	1,788	1,793	1,788	1,790	3	-0,002	0,003	-0,002	0,0000028	0,0000111	0,0000028	0,0000167	0,003	0,002	0,0000083	0,161
4	1,275	1,274	1,275	1,275	3	0,000	-0,001	0,000	0,0000001	0,0000004	0,0000001	0,0000007	0,001	0,000	0,0000003	0,045

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d_i² = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd_i² = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 43: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 5.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,755	2,760	2,761	2,759	3	-0,004	0,001	0,002	0,0000134	0,0000018	0,0000054	0,0000207	0,003	0,002	0,0000103	0,117
1	2,869	2,870	2,875	2,871	3	-0,002	-0,001	0,004	0,0000054	0,0000018	0,0000134	0,0000207	0,003	0,002	0,0000103	0,112
2	2,331	2,336	2,339	2,335	3	-0,004	0,001	0,004	0,0000188	0,0000004	0,0000134	0,0000327	0,004	0,002	0,0000163	0,173
3	1,800	1,800	1,804	1,801	3	-0,001	-0,001	0,003	0,0000018	0,0000018	0,0000071	0,0000107	0,002	0,001	0,0000053	0,128
4	1,321	1,322	1,322	1,322	3	-0,001	0,000	0,000	0,0000004	0,0000001	0,0000001	0,0000007	0,001	0,000	0,0000003	0,044

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 44: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 5, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	-	2,760	2,761	2,761	2	-	-0,001	0,001	-	0,0000003	0,0000003	0,0000005	0,001	0,001	0,0000005	0,026
1	2,869	2,870	-	2,870	2	-0,001	0,000	-	0,0000003	0,0000002	-	0,0000005	0,001	0,000	0,0000005	0,025
2	2,331	2,336	2,339	2,335	3	-0,004	0,001	0,004	0,0000188	0,0000004	0,0000134	0,0000327	0,004	0,002	0,0000163	0,173
3	1,800	1,800	-	1,800	2	0,000	0,000	-	0,0000000	0,0000000	-	0,0000000	0,000	0,000	0,0000000	0,000
4	1,321	1,322	1,322	1,322	3	-0,001	0,000	0,000	0,0000004	0,0000001	0,0000001	0,0000007	0,001	0,000	0,0000003	0,044

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 45: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 6.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,731	2,733	2,733	2,732	3	-0,001	0,001	0,001	0,0000018	0,0000004	0,0000004	0,0000027	0,001	0,001	0,0000013	0,042
1	2,840	2,839	2,835	2,838	3	0,002	0,001	-0,003	0,0000040	0,0000010	0,0000090	0,0000140	0,003	0,002	0,0000070	0,093
2	2,286	2,287	2,285	2,286	3	0,000	0,001	-0,001	0,0000000	0,0000010	0,0000010	0,0000020	0,001	0,001	0,0000010	0,044
3	1,826	1,828	1,829	1,828	3	-0,002	0,000	0,001	0,0000028	0,0000001	0,0000018	0,0000047	0,002	0,001	0,0000023	0,084
4	1,359	1,362	1,354	1,358	3	0,001	0,004	-0,004	0,0000004	0,0000134	0,0000188	0,0000327	0,004	0,002	0,0000163	0,298

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 46: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 7.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,701	2,703	2,704	2,703	3	-0,002	0,000	0,001	0,0000028	0,0000001	0,0000018	0,0000047	0,002	0,001	0,0000023	0,057
1	2,776	2,776	2,774	2,775	3	0,001	0,001	-0,001	0,0000004	0,0000004	0,0000018	0,0000027	0,001	0,001	0,0000013	0,042
2	2,227	2,223	2,223	2,224	3	0,003	-0,001	-0,001	0,0000071	0,0000018	0,0000018	0,0000107	0,002	0,001	0,0000053	0,104
3	1,812	1,813	1,814	1,813	3	-0,001	0,000	0,001	0,0000010	0,0000000	0,0000010	0,0000020	0,001	0,001	0,0000010	0,055
4	1,370	1,370	1,372	1,371	3	-0,001	-0,001	0,001	0,0000004	0,0000004	0,0000018	0,0000027	0,001	0,001	0,0000013	0,084

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 47: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 7, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,701	2,703	2,704	2,703	3	-0,002	0,000	0,001	0,0000028	0,0000001	0,0000018	0,0000047	0,002	0,001	0,0000023	0,057
1	2,776	2,776	2,774	2,775	3	0,001	0,001	-0,001	0,0000004	0,0000004	0,0000018	0,0000027	0,001	0,001	0,0000013	0,042
2	-	2,223	2,223	2,223	2	-	0,000	0,000	-	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,000	0,000	0,0000000	0,000
3	1,812	1,813	1,814	1,813	3	-0,001	0,000	0,001	0,0000010	0,0000000	0,0000010	0,0000020	0,001	0,001	0,0000010	0,055
4	1,370	1,370	1,372	1,371	3	-0,001	-0,001	0,001	0,0000004	0,0000004	0,0000018	0,0000027	0,001	0,001	0,0000013	0,084

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 48: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 8.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,716	2,710	2,709	2,712	3	0,004	-0,002	-0,003	0,0000188	0,0000028	0,0000071	0,0000287	0,004	0,002	0,0000143	0,140
1	2,646	2,642	2,647	2,645	3	0,001	-0,003	0,002	0,0000010	0,0000090	0,0000040	0,0000140	0,003	0,002	0,0000070	0,100
2	2,148	2,150	2,154	2,151	3	-0,003	-0,001	0,003	0,0000071	0,0000004	0,0000111	0,0000187	0,003	0,002	0,0000093	0,142
3	1,776	1,772	1,773	1,774	3	0,002	-0,002	-0,001	0,0000054	0,0000028	0,0000004	0,0000087	0,002	0,001	0,0000043	0,117
4	1,329	1,330	1,329	1,329	3	0,000	0,001	0,000	0,0000001	0,0000004	0,0000001	0,0000007	0,001	0,000	0,0000003	0,043

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 49: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 9.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,761	2,762	2,764	2,762	3	-0,001	0,000	0,002	0,0000018	0,0000001	0,0000028	0,0000047	0,002	0,001	0,0000023	0,055
1	2,441	2,439	2,438	2,439	3	0,002	0,000	-0,001	0,0000028	0,0000001	0,0000018	0,0000047	0,002	0,001	0,0000023	0,063
2	2,021	2,023	2,021	2,022	3	-0,001	0,001	-0,001	0,0000004	0,0000018	0,0000004	0,0000027	0,001	0,001	0,0000013	0,057
3	1,724	1,725	1,724	1,724	3	0,000	0,001	0,000	0,0000001	0,0000004	0,0000001	0,0000007	0,001	0,000	0,0000003	0,033
4	1,277	1,280	1,274	1,277	3	0,000	0,003	-0,003	0,0000000	0,0000090	0,0000090	0,0000180	0,003	0,002	0,0000090	0,235

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 50: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 10.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,749	2,744	2,743	2,745	3	0,004	-0,001	-0,002	0,0000134	0,0000018	0,0000054	0,0000207	0,003	0,002	0,0000103	0,117
1	2,218	2,210	2,220	2,216	3	0,002	-0,006	0,004	0,0000040	0,0000360	0,0000160	0,0000560	0,005	0,003	0,0000280	0,239
2	1,894	1,897	1,903	1,898	3	-0,004	-0,001	0,005	0,0000160	0,0000010	0,0000250	0,0000420	0,005	0,003	0,0000210	0,241
3	1,679	1,681	1,683	1,681	3	-0,002	0,000	0,002	0,0000040	0,0000000	0,0000040	0,0000080	0,002	0,001	0,0000040	0,119
4	1,161	1,168	1,161	1,163	3	-0,002	0,005	-0,002	0,0000054	0,0000218	0,0000054	0,0000327	0,004	0,002	0,0000163	0,347

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 51: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 11.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,381	2,379	2,382	2,381	3	0,000	-0,002	0,001	0,0000001	0,0000028	0,0000018	0,0000047	0,002	0,001	0,0000023	0,064
1	2,009	2,011	2,014	2,011	3	-0,002	0,000	0,003	0,0000054	0,0000001	0,0000071	0,0000127	0,003	0,001	0,0000063	0,125
2	1,761	1,763	1,763	1,762	3	-0,001	0,001	0,001	0,0000018	0,0000004	0,0000004	0,0000027	0,001	0,001	0,0000013	0,066
3	1,593	1,589	1,592	1,591	3	0,002	-0,002	0,001	0,0000028	0,0000054	0,0000004	0,0000087	0,002	0,001	0,0000043	0,131
4	0,996	1,001	0,995	0,997	3	-0,001	0,004	-0,002	0,0000018	0,0000134	0,0000054	0,0000207	0,003	0,002	0,0000103	0,322

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 52: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 11, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,381	2,379	2,382	2,381	3	0,000	-0,002	0,001	0,0000001	0,0000028	0,0000018	0,0000047	0,002	0,001	0,0000023	0,064
1	2,009	2,011	2,014	2,011	3	-0,002	0,000	0,003	0,0000054	0,0000001	0,0000071	0,0000127	0,003	0,001	0,0000063	0,125
2	1,761	1,763	1,763	1,762	3	-0,001	0,001	0,001	0,0000018	0,0000004	0,0000004	0,0000027	0,001	0,001	0,0000013	0,066
3	1,593	1,589	1,592	1,591	3	0,002	-0,002	0,001	0,0000028	0,0000054	0,0000004	0,0000087	0,002	0,001	0,0000043	0,131
4	0,996	-	0,995	0,996	2	0,000	-	-0,001	0,0000002	-	0,0000003	0,0000005	0,001	0,001	0,0000005	0,071

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 53: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 12.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,089	2,084	2,083	2,085	3	0,004	-0,001	-0,002	0,0000134	0,0000018	0,0000054	0,0000207	0,003	0,002	0,0000103	0,154
1	1,858	1,856	1,854	1,856	3	0,002	0,000	-0,002	0,0000040	0,0000000	0,0000040	0,0000080	0,002	0,001	0,0000040	0,108
2	1,624	1,622	1,626	1,624	3	0,000	-0,002	0,002	0,0000000	0,0000040	0,0000040	0,0000080	0,002	0,001	0,0000040	0,123
3	1,510	1,510	1,512	1,511	3	-0,001	-0,001	0,001	0,0000004	0,0000004	0,0000018	0,0000027	0,001	0,001	0,0000013	0,076
4	0,819	0,819	0,811	0,816	3	0,003	0,003	-0,005	0,0000071	0,0000071	0,0000284	0,0000427	0,005	0,003	0,0000213	0,566

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 54: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível do perfil 12, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	-	2,084	2,083	2,084	3	-	0,001	0,000	-	0,0000003	0,0000002	0,0000005	0,000	0,000	0,0000005	0,024
1	1,858	1,856	1,854	1,856	3	0,002	0,000	-0,002	0,0000040	0,0000000	0,0000040	0,0000080	0,002	0,001	0,0000040	0,108
2	1,624	1,622	1,626	1,624	3	0,000	-0,002	0,002	0,0000000	0,0000040	0,0000040	0,0000080	0,002	0,001	0,0000040	0,123
3	1,510	1,510	1,512	1,511	3	-0,001	-0,001	0,001	0,0000004	0,0000004	0,0000018	0,0000027	0,001	0,001	0,0000013	0,076
4	0,819	0,819	0,811	0,816	3	0,003	0,003	-0,005	0,0000071	0,0000071	0,0000284	0,0000427	0,005	0,003	0,0000213	0,566

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

A partir da análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível foi possível calcular a média aritmética das amostras coletadas em cada estaca (Quadro 55). Observa-se que os valores das altitudes ortométricas na barra arenosa da desembocadura do estuário do Rio Pacoti, decrescem da estaca 1 em direção a estaca 4 do perfil 1 ao perfil 7. A partir do perfil 7 em diante, a altitude ortométrica decresce da estaca zero para estaca 4.

Quadro 55: Média aritmética das amostras oriundas do nivelamento geométrico com nível.

Estacas	Altitudes ortométricas (m)											
	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6	Perfil 7	Perfil 8	Perfil 9	Perfil 10	Perfil 11	Perfil 12
0	3,186	3,045	2,900	2,818	2,761	2,732	2,703	2,712	2,762	2,742	2,381	2,084
1	3,081	3,095	3,015	2,951	2,870	2,838	2,775	2,645	2,439	2,216	2,011	1,856
2	2,375	2,386	2,394	2,367	2,335	2,286	2,223	2,151	2,022	1,898	1,762	1,624
3	1,746	1,767	1,784	1,790	1,800	1,828	1,813	1,774	1,724	1,681	1,591	1,511
4	1,248	1,271	1,270	1,275	1,322	1,358	1,371	1,329	1,277	1,163	0,996	0,816

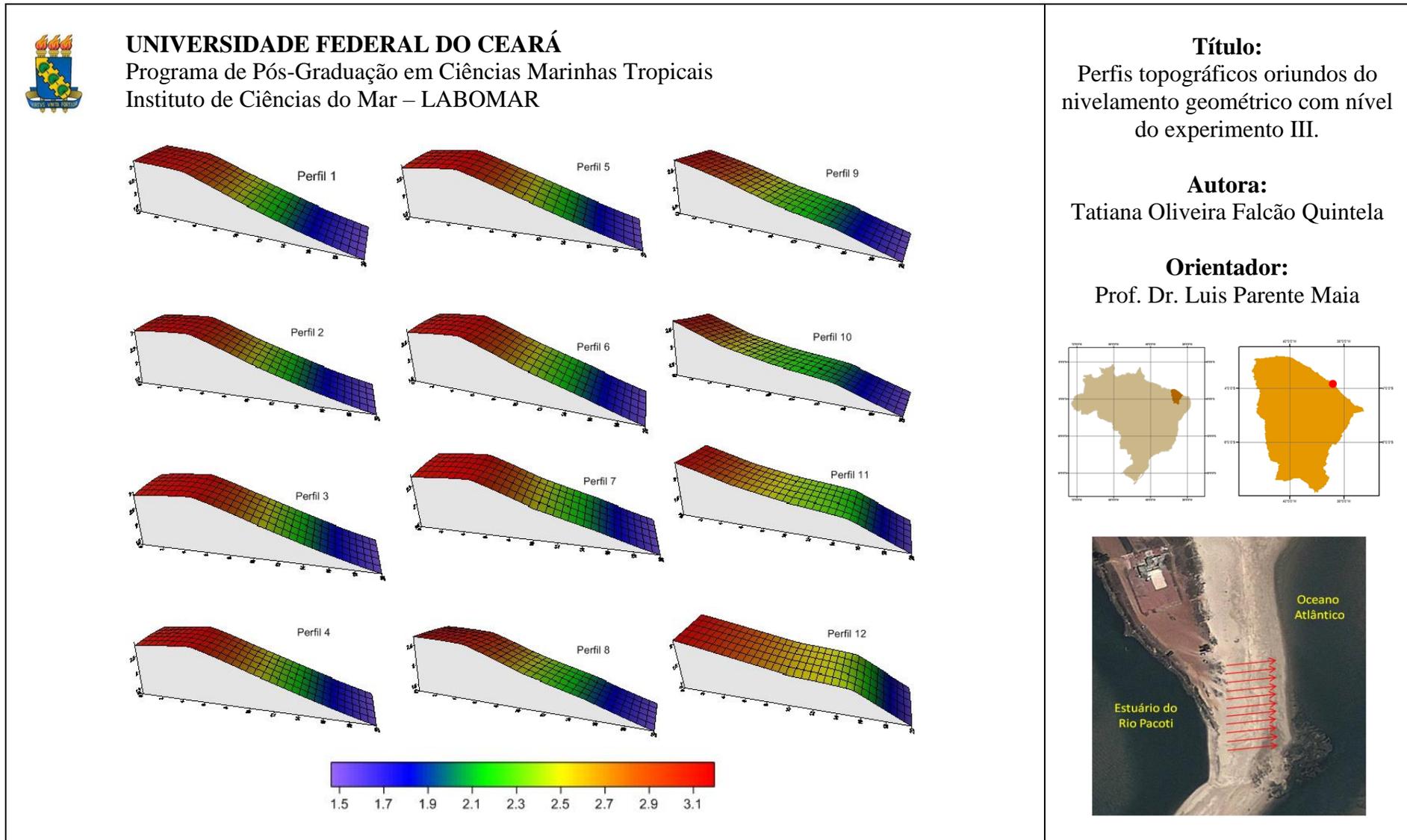
Na figura 82 foram representados graficamente os dados altimétricos por meio perfis topográficos. Verifica-se que do perfil 1 ao perfil 8 apresentam familiaridades no desenho. A partir do perfil 9 a morfologia do terreno se apresenta de forma mais suave.

Foi constatado que o perfil 1 apresentou a maior diferença de nível (1,938 m) e a maior declividade em relação aos demais perfis (5,534°) evidenciando uma maior ação das ondas. E a menor diferença de nível e a menor declividade foi verificado no perfil 12, apresentando valores correspondentes a 1,267 m e 3,625°, respectivamente (Quadro 56).

Quadro 56: Parâmetros dos dados altimétricos oriundos do nivelamento geométrico com nível.

Estacas	Parâmetros estatísticos dos dados altimétricos											
	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6	Perfil 7	Perfil 8	Perfil 9	Perfil 10	Perfil 11	Perfil 12
Maior altitude (m)	3,186	3,095	3,015	2,951	2,870	2,838	2,775	2,712	2,762	2,742	2,381	2,084
Menor altitude (m)	1,248	1,271	1,270	1,275	1,322	1,358	1,371	1,329	1,277	1,163	0,996	0,816
Diferença de nível (m)	1,938	1,824	1,746	1,676	1,548	1,480	1,405	1,382	1,485	1,579	1,385	1,267
Declividade (%)	9,688	9,120	8,728	8,382	7,739	7,398	7,023	6,912	7,427	7,893	6,926	6,336
Declividade (°)	5,534	5,211	4,988	4,791	4,425	4,231	4,017	3,954	4,247	4,513	3,962	3,625

Figura 82: Perfis topográficos oriundos do nivelamento geométrico com nível do experimento III.



Admitindo-se uma linha de referência de altitude ortométrica de 0,000 m foi possível calcular as áreas dos perfis topográficos, e posteriormente, adotando uma largura de 5,000 m, transversal ao perfil, foi calculado o pacote sedimentar da seção admitindo-se estaqueamento de 5 m, 10 m e 20 m (quadro 57).

Quadro 57: Dados de perímetro (m), área (m²) e volume (m³) dos perfis topográficos oriundos do nivelamento geométrico com nível.

Perfil	Estaqueamento 5 m			Estaqueamento 10 m			Estaqueamento 20 m		
	Perímetro (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)	Perímetro (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)	Perímetro (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)
1	44,549	47,095	235,475	44,530	45,920	229,600	44,528	44,340	221,700
2	44,429	47,030	235,150	44,400	45,440	227,200	44,395	43,160	215,800
3	44,273	46,390	231,950	44,246	44,790	223,950	44,236	41,700	208,500
4	44,188	45,773	228,865	44,163	44,135	220,675	44,152	40,930	204,650
5	44,164	45,233	226,165	44,143	43,765	218,825	44,135	40,830	204,150
6	44,164	44,985	224,925	44,143	43,310	216,550	44,137	40,900	204,500
7	44,118	40,740	203,700	44,141	44,240	221,200	44,122	42,600	213,000
8	44,089	40,410	202,050	44,100	42,953	214,765	44,090	41,715	208,575
9	44,096	41,023	205,115	44,094	40,415	202,075	44,094	40,390	201,950
10	43,974	38,738	193,690	43,968	38,505	192,525	43,967	39,050	195,250
11	43,435	35,263	176,315	43,425	34,505	172,525	43,425	33,770	168,850
12	42,960	32,205	161,025	42,943	30,740	153,700	42,940	29,000	145,000

As áreas das seções do terreno variaram de 32,205 m² (perfis 1) a 47,095 m² (perfil 2) no estaqueamento de 5 m. Observa-se no quadro 57 que os valores de área e de pacote sedimentar reduzem com o aumento do espaçamento na maioria das estacas.

Constatou-se que 83,33% dos perfis de estaqueamento de 10 m apresentaram um volume sedimentar menor do que os perfis de estaqueamento de 5. E, 75% dos perfis oriundos do estaqueamento de 20 m mostraram um volume menor do que o estaqueamento de 5 m.

7.2. Levantamento topográfico por nivelamento trigonométrico com estação total

O método trigonométrico consiste em obter a diferença de nível entre dois ou mais pontos a partir de medidas de distâncias e ângulos por meio da trigonometria. As altitudes ortométricas (z) e as posições (x, y) das estacas foram obtidos pela estação total por meio medidas de distâncias e ângulos.

O procedimento foi iniciando armando o tripé em local estratégico e numa altura que após a fixação da estação total, o observador fique numa posição confortável para realizar as leituras. Em seguida, a estação total foi fixada ao tripé com o uso do parafuso de fixação. O eixo vertical do equipamento foi estacionado em cima de um ponto qualquer e nivelado com o auxílio do nível de bolha circular e o nível de bolha tubular (fazendo ajustes com as pernas do tripé e/ou com os parafusos calantes).

Após verificação o nivelamento (nível de bolha circular e tubular) da estação total, iniciou-se o levantamento posicionando o prisma sobre a Referência de Nível (RN) correspondente a 4,815 m para zerar o equipamento ($0^{\circ}0'0''$), ou seja, dar referência. Em seguida, foram realizadas as visadas vantes para as 5 estacas do perfil. O procedimento foi repetido três vezes em cada perfil para calcular a média da altitude ortométrica de cada estaca.

Os dados obtidos por meio do nivelamento trigonométrico com a estação total foram armazenados na memória interna do equipamento, e em seguida, descarregados no Programa *Topograph* para processamento dos dados. Posteriormente, foram compilados e processados no Programa *Surfer*.

A partir da análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com a estação total foi possível calcular a média aritmética das amostras coletadas em cada estaca (Quadros 58 a 81).

Os desvios padrões (m) das amostras variaram de $\pm 0,001$ m a $\pm 0,045$ m, ou seja, os dados apresentaram mais dispersão em relação a média arimética. As amostras que se encontravam fora do limite do desvio padrão (m) foram excluídas e analisadas novamente (Quadros 59, 61, 63, 65, 67, 69, 71, 73, 75, 77, 79, 81).

A altitude ortométrica das estacas variaram de 0,782 m (perfil 12 / estaca 4) a 3,181 m (perfil 1 / estaca 0). Foi observado que no sentido norte-sul (do perfil 1 ao perfil 12) a altitude ortométrica das estacas decresce em direção a desembocadura do estuário do Rio Pacoti (Quadro 82).

Quadro 58: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 1.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	3,192	3,131	3,170	3,164	3	0,028	-0,033	0,006	0,0007654	0,0011111	0,0000321	0,0019087	0,031	0,018	0,0009543	0,976
1	3,092	3,024	3,072	3,063	3	0,029	-0,039	0,009	0,0008604	0,0014951	0,0000871	0,0024427	0,035	0,020	0,0012213	1,141
2	2,399	2,342	2,360	2,367	3	0,032	-0,025	-0,007	0,0010240	0,0006250	0,0000490	0,0016980	0,029	0,017	0,0008490	1,231
3	1,753	1,712	1,730	1,732	3	0,021	-0,020	-0,002	0,0004551	0,0003868	0,0000028	0,0008447	0,021	0,012	0,0004223	1,187
4	1,274	1,205	1,221	1,233	3	0,041	-0,028	-0,012	0,0016538	0,0008028	0,0001521	0,0026087	0,036	0,021	0,0013043	2,928

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 59: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 1, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	3,192	-	3,170	3,181	3	0,011	-	-0,011	0,0001210	-	0,0001210	0,0002420	0,011	0,006	0,0002420	0,346
1	3,092	-	3,072	3,082	3	0,010	-	-0,010	0,0001000	-	0,0001000	0,0002000	0,010	0,006	0,0002000	0,324
2	-	2,342	2,360	2,351	3	-	-0,009	0,009	-	0,0000810	0,0000810	0,0001620	0,009	0,005	0,0001620	0,383
3	1,753	1,712	1,730	1,732	3	0,021	-0,020	-0,002	0,0004551	0,0003868	0,0000028	0,0008447	0,021	0,012	0,0004223	1,187
4	-	1,205	1,221	1,213	3	-	-0,008	0,008	-	0,0000640	0,0000640	0,0001280	0,008	0,005	0,0001280	0,660

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 60: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 2.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	3,064	2,997	3,012	3,024	3	0,040	-0,027	-0,012	0,0015734	0,0007471	0,0001521	0,0024727	0,035	0,020	0,0012363	1,163
1	3,123	3,032	3,042	3,066	3	0,057	-0,034	-0,024	0,0032871	0,0011334	0,0005601	0,0049807	0,050	0,029	0,0024903	1,628
2	2,398	2,350	2,364	2,371	3	0,027	-0,021	-0,007	0,0007471	0,0004271	0,0000444	0,0012187	0,025	0,014	0,0006093	1,041
3	1,782	1,724	1,743	1,750	3	0,032	-0,026	-0,007	0,0010454	0,0006588	0,0000444	0,0017487	0,030	0,017	0,0008743	1,690
4	1,276	1,232	1,242	1,250	3	0,026	-0,018	-0,008	0,0006760	0,0003240	0,0000640	0,0010640	0,023	0,013	0,0005320	1,845

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 61: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 2, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	3,064	-	3,012	3,038	2	0,026	-	-0,026	0,0006760	-	0,0006760	0,0013520	0,037	0,026	0,0013520	1,210
1	-	3,032	3,042	3,037	2	-	-0,005	0,005	-	0,0000250	0,0000250	0,0000500	0,007	0,005	0,0000500	0,233
2	-	2,350	2,364	2,357	2	-	-0,007	0,007	-	0,0000490	0,0000490	0,0000980	0,010	0,007	0,0000980	0,420
3	1,782	1,724	1,743	1,750	3	0,032	-0,026	-0,007	0,0010454	0,0006588	0,0000444	0,0017487	0,030	0,017	0,0008743	1,690
4	-	1,232	1,242	1,237	2	-	-0,005	0,005	-	0,0000250	0,0000250	0,0000500	0,007	0,005	0,0000500	0,572

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 62: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 3.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,901	2,846	2,864	2,870	3	0,031	-0,024	-0,006	0,0009404	0,0005921	0,0000401	0,0015727	0,028	0,016	0,0007863	0,977
1	3,031	2,964	2,972	2,989	3	0,042	-0,025	-0,017	0,0017640	0,0006250	0,0002890	0,0026780	0,037	0,021	0,0013390	1,224
2	2,411	2,346	2,376	2,378	3	0,033	-0,032	-0,002	0,0011111	0,0010028	0,0000028	0,0021167	0,033	0,019	0,0010583	1,368
3	1,795	1,742	1,755	1,764	3	0,031	-0,022	-0,009	0,0009610	0,0004840	0,0000810	0,0015260	0,028	0,016	0,0007630	1,566
4	1,284	1,221	1,249	1,251	3	0,033	-0,030	-0,002	0,0010671	0,0009201	0,0000054	0,0019927	0,032	0,018	0,0009963	2,522

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 63: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 3, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,901	2,846	2,864	2,870	3	0,031	-0,024	-0,006	0,0009404	0,0005921	0,0000401	0,0015727	0,028	0,016	0,0007863	0,977
1	-	2,964	2,972	2,968	2	-	-0,004	0,004	-	0,0000160	0,0000160	0,0000320	0,006	0,004	0,0000320	0,191
2	2,411	2,346	2,376	2,378	3	0,033	-0,032	-0,002	0,0011111	0,0010028	0,0000028	0,0021167	0,033	0,019	0,0010583	1,368
3	-	1,742	1,755	1,749	2	-	-0,006	0,006	-	0,0000422	0,0000422	0,0000845	0,009	0,006	0,0000845	0,526
4	-	1,221	1,249	1,235	2	-	-0,014	0,014	-	0,0001960	0,0001960	0,0003920	0,020	0,014	0,0003920	1,603

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 64: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 4.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,842	2,766	2,785	2,798	3	0,044	-0,032	-0,013	0,0019654	0,0010028	0,0001604	0,0031287	0,040	0,023	0,0015643	1,414
1	2,939	2,891	2,898	2,909	3	0,030	-0,018	-0,011	0,0008801	0,0003361	0,0001284	0,0013447	0,026	0,015	0,0006723	0,891
2	2,383	2,327	2,350	2,353	3	0,030	-0,026	-0,003	0,0008801	0,0006934	0,0000111	0,0015847	0,028	0,016	0,0007923	1,196
3	1,802	1,757	1,766	1,775	3	0,027	-0,018	-0,009	0,0007290	0,0003240	0,0000810	0,0011340	0,024	0,014	0,0005670	1,342
4	1,283	1,256	1,260	1,266	3	0,017	-0,010	-0,006	0,0002778	0,0001068	0,0000401	0,0004247	0,015	0,008	0,0002123	1,151

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 65: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 4, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,842	2,766	2,785	2,798	3	0,044	-0,032	-0,013	0,0019654	0,0010028	0,0001604	0,0031287	0,040	0,023	0,0015643	1,414
1	2,939	2,891	2,898	2,909	3	0,030	-0,018	-0,011	0,0008801	0,0003361	0,0001284	0,0013447	0,026	0,015	0,0006723	0,891
2	2,383	2,327	2,350	2,353	3	0,030	-0,026	-0,003	0,0008801	0,0006934	0,0000111	0,0015847	0,028	0,016	0,0007923	1,196
3	1,802	1,757	1,766	1,775	3	0,027	-0,018	-0,009	0,0007290	0,0003240	0,0000810	0,0011340	0,024	0,014	0,0005670	1,342
4	-	1,256	1,260	1,258	3	-	-0,002	0,002	-	0,0000040	0,0000040	0,0000080	0,002	0,001	0,0000080	0,159

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 66: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 5.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,775	2,703	2,724	2,734	3	0,041	-0,031	-0,010	0,0016810	0,0009610	0,0001000	0,0027420	0,037	0,021	0,0013710	1,354
1	2,901	2,834	2,851	2,862	3	0,039	-0,028	-0,011	0,0015210	0,0007840	0,0001210	0,0024260	0,035	0,020	0,0012130	1,217
2	2,368	2,300	2,316	2,328	3	0,040	-0,028	-0,012	0,0016000	0,0007840	0,0001440	0,0025280	0,036	0,021	0,0012640	1,527
3	1,828	1,787	1,804	1,806	3	0,022	-0,019	-0,002	0,0004694	0,0003738	0,0000054	0,0008487	0,021	0,012	0,0004243	1,140
4	1,327	1,286	1,317	1,310	3	0,017	-0,024	0,007	0,0002890	0,0005760	0,0000490	0,0009140	0,021	0,012	0,0004570	1,632

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 67: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 5, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	-	2,703	2,724	2,714	3	-	-0,011	0,011	-	0,0001102	0,0001103	0,0002205	0,011	0,006	0,0002205	0,387
1	-	2,834	2,851	2,843	3	-	-0,009	0,008	-	0,0000723	0,0000722	0,0001445	0,008	0,005	0,0001445	0,299
2	-	2,300	2,316	2,308	3	-	-0,008	0,008	-	0,0000640	0,0000640	0,0001280	0,008	0,005	0,0001280	0,347
3	-	1,787	1,804	1,796	3	-	-0,009	0,008	-	0,0000723	0,0000722	0,0001445	0,009	0,005	0,0001445	0,473
4	1,327	1,286	1,317	1,310	3	0,017	-0,024	0,007	0,0002890	0,0005760	0,0000490	0,0009140	0,021	0,012	0,0004570	1,632

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 68: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 6.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,732	2,691	2,724	2,716	3	0,016	-0,025	0,008	0,0002668	0,0006084	0,0000694	0,0009447	0,022	0,013	0,0004723	0,800
1	2,856	2,798	2,816	2,823	3	0,033	-0,025	-0,007	0,0010671	0,0006418	0,0000538	0,0017627	0,030	0,017	0,0008813	1,051
2	2,322	2,248	2,257	2,276	3	0,046	-0,028	-0,019	0,0021468	0,0007654	0,0003484	0,0032607	0,040	0,023	0,0016303	1,774
3	1,836	1,811	1,822	1,823	3	0,013	-0,012	-0,001	0,0001690	0,0001440	0,0000010	0,0003140	0,013	0,007	0,0001570	0,687
4	1,363	1,316	1,348	1,342	3	0,021	-0,026	0,006	0,0004271	0,0006934	0,0000321	0,0011527	0,024	0,014	0,0005763	1,788

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 69: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 6, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,732	-	2,724	2,728	2	0,004	-	-0,004	0,0000160	-	0,0000160	0,0000320	0,006	0,004	0,0000320	0,207
1	-	2,798	2,816	2,807	2	-	-0,009	0,009	-	0,0000810	0,0000810	0,0001620	0,013	0,009	0,0001620	0,453
2	-	2,248	2,257	2,253	2	-	-0,005	0,004	-	0,0000203	0,0000202	0,0000405	0,006	0,004	0,0000405	0,283
3	1,836	1,811	1,822	1,823	3	0,013	-0,012	-0,001	0,0001690	0,0001440	0,0000010	0,0003140	0,013	0,007	0,0001570	0,687
4	1,363	-	1,348	1,356	2	0,007	-	-0,008	0,0000562	-	0,0000563	0,0001125	0,011	0,007	0,0001125	0,782

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 70: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 7.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,723	2,657	2,665	2,682	3	0,041	-0,025	-0,017	0,0017084	0,0006084	0,0002778	0,0025947	0,036	0,021	0,0012973	1,343
1	2,799	2,734	2,758	2,764	3	0,035	-0,030	-0,006	0,0012484	0,0008801	0,0000321	0,0021607	0,033	0,019	0,0010803	1,189
2	2,257	2,192	2,211	2,220	3	0,037	-0,028	-0,009	0,0013690	0,0007840	0,0000810	0,0022340	0,033	0,019	0,0011170	1,505
3	1,817	1,791	1,814	1,807	3	0,010	-0,016	0,007	0,0000934	0,0002668	0,0000444	0,0004047	0,014	0,008	0,0002023	0,787
4	1,386	1,341	1,359	1,362	3	0,024	-0,021	-0,003	0,0005760	0,0004410	0,0000090	0,0010260	0,023	0,013	0,0005130	1,663

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 71: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 7, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	-	2,657	2,665	2,661	2	-	-0,004	0,004	-	0,0000160	0,0000160	0,0000320	0,006	0,004	0,0000320	0,213
1	-	2,734	2,758	2,746	2	-	-0,012	0,012	-	0,0001440	0,0001440	0,0002880	0,017	0,012	0,0002880	0,618
2	-	2,192	2,211	2,202	2	-	-0,010	0,009	-	0,0000903	0,0000902	0,0001805	0,013	0,009	0,0001805	0,610
3	1,817	-	1,814	1,816	2	0,001	-	-0,002	0,0000022	-	0,0000023	0,0000045	0,002	0,001	0,0000045	0,117
4	-	1,341	1,359	1,350	2	-	-0,009	0,009	-	0,0000810	0,0000810	0,0001620	0,013	0,009	0,0001620	0,943

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 72: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 8.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ₁ ²	d ₂ ²	d ₃ ²	Σd _i ²	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,714	2,668	2,671	2,684	3	0,030	-0,016	-0,013	0,0008801	0,0002668	0,0001778	0,0013247	0,026	0,015	0,0006623	0,959
1	2,668	2,608	2,622	2,633	3	0,035	-0,025	-0,011	0,0012484	0,0006084	0,0001138	0,0019707	0,031	0,018	0,0009853	1,192
2	2,177	2,119	2,139	2,145	3	0,032	-0,026	-0,006	0,0010240	0,0006760	0,0000360	0,0017360	0,029	0,017	0,0008680	1,374
3	1,784	1,761	1,772	1,772	3	0,012	-0,011	0,000	0,0001361	0,0001284	0,0000001	0,0002647	0,012	0,007	0,0001323	0,649
4	1,339	1,306	1,299	1,315	3	0,024	-0,009	-0,016	0,0005921	0,0000751	0,0002454	0,0009127	0,021	0,012	0,0004563	1,625

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d_i² = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd_i² = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 73: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 8, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ₁ ²	d ₂ ²	d ₃ ²	Σd _i ²	m (±)	M (±)	V	CV
0	-	2,668	2,671	2,670	2	-	-0,002	0,001	-	0,0000023	0,0000022	0,0000045	0,002	0,001	0,0000045	0,079
1	-	2,608	2,622	2,615	2	-	-0,007	0,007	-	0,0000490	0,0000490	0,0000980	0,010	0,007	0,0000980	0,379
2	-	2,119	2,139	2,129	2	-	-0,010	0,010	-	0,0001000	0,0001000	0,0002000	0,014	0,010	0,0002000	0,664
3	1,784	1,761	1,772	1,772	3	0,012	-0,011	0,000	0,0001361	0,0001284	0,0000001	0,0002647	0,012	0,007	0,0001323	0,649
4	-	1,306	1,299	1,303	2	-	0,004	-0,004	-	0,0000123	0,0000123	0,0000245	0,005	0,004	0,0000245	0,380

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d_i² = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd_i² = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 74: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 9.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,765	2,717	2,730	2,737	3	0,028	-0,020	-0,007	0,0007654	0,0004134	0,0000538	0,0012327	0,025	0,014	0,0006163	0,907
1	2,466	2,404	2,420	2,430	3	0,036	-0,026	-0,010	0,0012960	0,0006760	0,0001000	0,0020720	0,032	0,019	0,0010360	1,325
2	2,059	1,997	2,021	2,026	3	0,033	-0,029	-0,005	0,0011111	0,0008218	0,0000218	0,0019547	0,031	0,018	0,0009773	1,543
3	1,737	1,703	1,718	1,719	3	0,018	-0,016	-0,001	0,0003121	0,0002668	0,0000018	0,0005807	0,017	0,010	0,0002903	0,991
4	1,284	1,237	1,269	1,263	3	0,021	-0,026	0,006	0,0004271	0,0006934	0,0000321	0,0011527	0,024	0,014	0,0005763	1,900

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 75: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 9, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,765	2,717	2,730	2,737	2	0,028	-0,020	-0,007	0,0007654	0,0004134	0,0000538	0,0012327	0,035	0,025	0,0006163	1,283
1	-	2,404	2,420	2,412	2	-	-0,008	0,008	-	0,0000640	0,0000640	0,0001280	0,011	0,008	0,0001280	0,469
2	-	1,997	2,021	2,009	2	-	-0,012	0,012	-	0,0001440	0,0001440	0,0002880	0,017	0,012	0,0002880	0,845
3	-	1,703	1,718	1,711	3	-	-0,008	0,007	-	0,0000563	0,0000562	0,0001125	0,007	0,004	0,0001125	0,438
4	1,284	-	1,269	1,277	2	0,008	-	-0,008	0,0000563	-	0,0000563	0,0001125	0,011	0,008	0,0001125	0,831

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 76: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 10.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,760	2,717	2,730	2,736	3	0,024	-0,019	-0,006	0,0005921	0,0003484	0,0000321	0,0009727	0,022	0,013	0,0004863	0,806
1	2,237	2,404	2,420	2,354	3	-0,117	0,050	0,066	0,0136111	0,0025334	0,0044001	0,0205447	0,101	0,059	0,0102723	4,306
2	1,933	1,997	2,021	1,984	3	-0,051	0,013	0,037	0,0025671	0,0001778	0,0013938	0,0041387	0,045	0,026	0,0020693	2,293
3	1,694	1,703	1,718	1,705	3	-0,011	-0,002	0,013	0,0001210	0,0000040	0,0001690	0,0002940	0,012	0,007	0,0001470	0,711
4	1,163	1,237	1,269	1,223	3	-0,060	0,014	0,046	0,0036000	0,0001960	0,0021160	0,0059120	0,054	0,031	0,0029560	4,446

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 77: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 10, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,760	2,717	2,730	2,736	3	0,024	-0,019	-0,006	0,0005921	0,0003484	0,0000321	0,0009727	0,022	0,013	0,0004863	0,806
1	-	2,404	2,420	2,412	2	-	-0,008	0,008	-	0,0000640	0,0000640	0,0001280	0,011	0,008	0,0001280	0,469
2	1,933	1,997	2,021	1,984	3	-0,051	0,013	0,037	0,0025671	0,0001778	0,0013938	0,0041387	0,045	0,026	0,0020693	2,293
3	1,694	1,703	-	1,699	2	-0,005	0,004	-	0,0000203	0,0000202	-	0,0000405	0,006	0,005	0,0000405	0,375
4	-	1,237	1,269	1,253	2	-	-0,016	0,016	-	0,0002560	0,0002560	0,0005120	0,023	0,016	0,0005120	1,806

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 78: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 11.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ₁ ²	d ₂ ²	d ₃ ²	Σd _i ²	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,389	2,345	2,352	2,362	3	0,027	-0,017	-0,010	0,0007290	0,0002890	0,0001000	0,0011180	0,024	0,014	0,0005590	1,001
1	2,069	2,007	2,016	2,031	3	0,038	-0,024	-0,015	0,0014694	0,0005601	0,0002151	0,0022447	0,034	0,019	0,0011223	1,650
2	1,795	1,743	1,755	1,764	3	0,031	-0,021	-0,009	0,0009404	0,0004551	0,0000871	0,0014827	0,027	0,016	0,0007413	1,543
3	1,610	1,574	1,589	1,591	3	0,019	-0,017	-0,002	0,0003610	0,0002890	0,0000040	0,0006540	0,018	0,010	0,0003270	1,137
4	1,014	0,969	0,982	0,988	3	0,026	-0,019	-0,006	0,0006588	0,0003738	0,0000401	0,0010727	0,023	0,013	0,0005363	2,343

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d_i² = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd_i² = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 79: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 11, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ₁ ²	d ₂ ²	d ₃ ²	Σd _i ²	m (±)	M (±)	V	CV
0	-	2,345	2,352	2,349	2	-	-0,003	0,003	-	0,0000122	0,0000122	0,0000245	0,005	0,003	0,0000245	0,211
1	-	2,007	2,016	2,012	2	-	-0,004	0,005	-	0,0000202	0,0000203	0,0000405	0,006	0,004	0,0000405	0,316
2	-	1,743	1,755	1,749	2	-	-0,006	0,006	-	0,0000360	0,0000360	0,0000720	0,008	0,006	0,0000720	0,485
3	-	1,574	1,589	1,582	2	-	-0,008	0,007	-	0,0000563	0,0000562	0,0001125	0,011	0,007	0,0001125	0,671
4	-	0,969	0,982	0,976	2	-	-0,007	0,006	-	0,0000423	0,0000422	0,0000845	0,009	0,007	0,0000845	0,942

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d_i² = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd_i² = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 80: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 12.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	2,118	2,044	2,051	2,071	3	0,047	-0,027	-0,020	0,0022090	0,0007290	0,0004000	0,0033380	0,041	0,024	0,0016690	1,973
1	1,887	1,839	1,840	1,855	3	0,032	-0,016	-0,015	0,0010028	0,0002668	0,0002351	0,0015047	0,027	0,016	0,0007523	1,478
2	1,651	1,594	1,617	1,621	3	0,030	-0,027	-0,004	0,0009201	0,0007111	0,0000134	0,0016447	0,029	0,017	0,0008223	1,769
3	1,527	1,492	1,520	1,513	3	0,014	-0,021	0,007	0,0001960	0,0004410	0,0000490	0,0006860	0,019	0,011	0,0003430	1,224
4	0,842	0,787	0,776	0,802	3	0,040	-0,015	-0,026	0,0016268	0,0002151	0,0006588	0,0025007	0,035	0,020	0,0012503	4,411

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 81: Análise estatística dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total do perfil 1, desconsiderando as amostras que se encontravam fora do desvio padrão.

Estacas	Altitudes (m)			Análises Estatísticas												
	X ₁	X ₂	X ₃	X	n	d ₁	d ₂	d ₃	d ² ₁	d ² ₂	d ² ₃	Σd ² _i	m (±)	M (±)	V	CV
0	-	2,044	2,051	2,048	3	-	-0,004	0,003	-	0,0000123	0,0000122	0,0000245	0,004	0,002	0,0000245	0,171
1	-	1,839	1,840	1,840	3	-	-0,001	0,000	-	0,0000003	0,0000002	0,0000005	0,001	0,000	0,0000005	0,027
2	-	1,594	1,617	1,606	3	-	-0,012	0,011	-	0,0001323	0,0001322	0,0002645	0,012	0,007	0,0002645	0,716
3	1,527	-	1,520	1,524	3	0,004	-	-0,003	0,0000123	-	0,0000122	0,0000245	0,003	0,002	0,0000245	0,230
4	-	0,787	0,776	0,782	3	-	0,005	-0,006	-	0,0000302	0,0000303	0,0000605	0,006	0,003	0,0000605	0,704

X₁ = Amostra 1; X₂ = Amostra 2; X₃ = Amostra 3; X = média aritmética das altitudes; n = número de amostras; d_i = desvio em relação à média (X); d²_i = quadrado do desvio em relação à média (X); Σd²_i = somatório do quadrado do desvio em relação à média (X); m = desvio padrão de uma observação; M = desvio padrão da média das observações; V = variância; CV = coeficiente de variação.

Quadro 82: Média aritmética das amostras oriundas do nivelamento trigonométrico com estação total.

Estacas	Altitudes ortométricas (m)											
	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6	Perfil 7	Perfil 8	Perfil 9	Perfil 10	Perfil 11	Perfil 12
0	3,181	3,038	2,870	2,798	2,714	2,728	2,661	2,670	2,737	2,736	2,071	2,048
1	3,082	3,037	2,968	2,909	2,843	2,807	2,746	2,615	2,412	2,412	1,855	1,840
2	2,351	2,357	2,378	2,353	2,308	2,253	2,202	2,129	2,009	1,984	1,621	1,606
3	1,732	1,750	1,749	1,775	1,796	1,823	1,816	1,772	1,711	1,699	1,513	1,524
4	1,213	1,237	1,235	1,258	1,310	1,356	1,350	1,303	1,277	1,253	0,802	0,782

Os dados altimétricos foram representados graficamente por meio de perfis topográfico (Figura 83). Foi constatado que o perfil 1 apresentou a maior diferença de nível (1,968 m) e a maior declividade em relação aos demais perfis (5,620°). E a menor diferença de nível e a menor declividade foram evidenciados no perfil 12, com valores correspondentes a 1,266 m e 3,622°, respectivamente (Quadro 83).

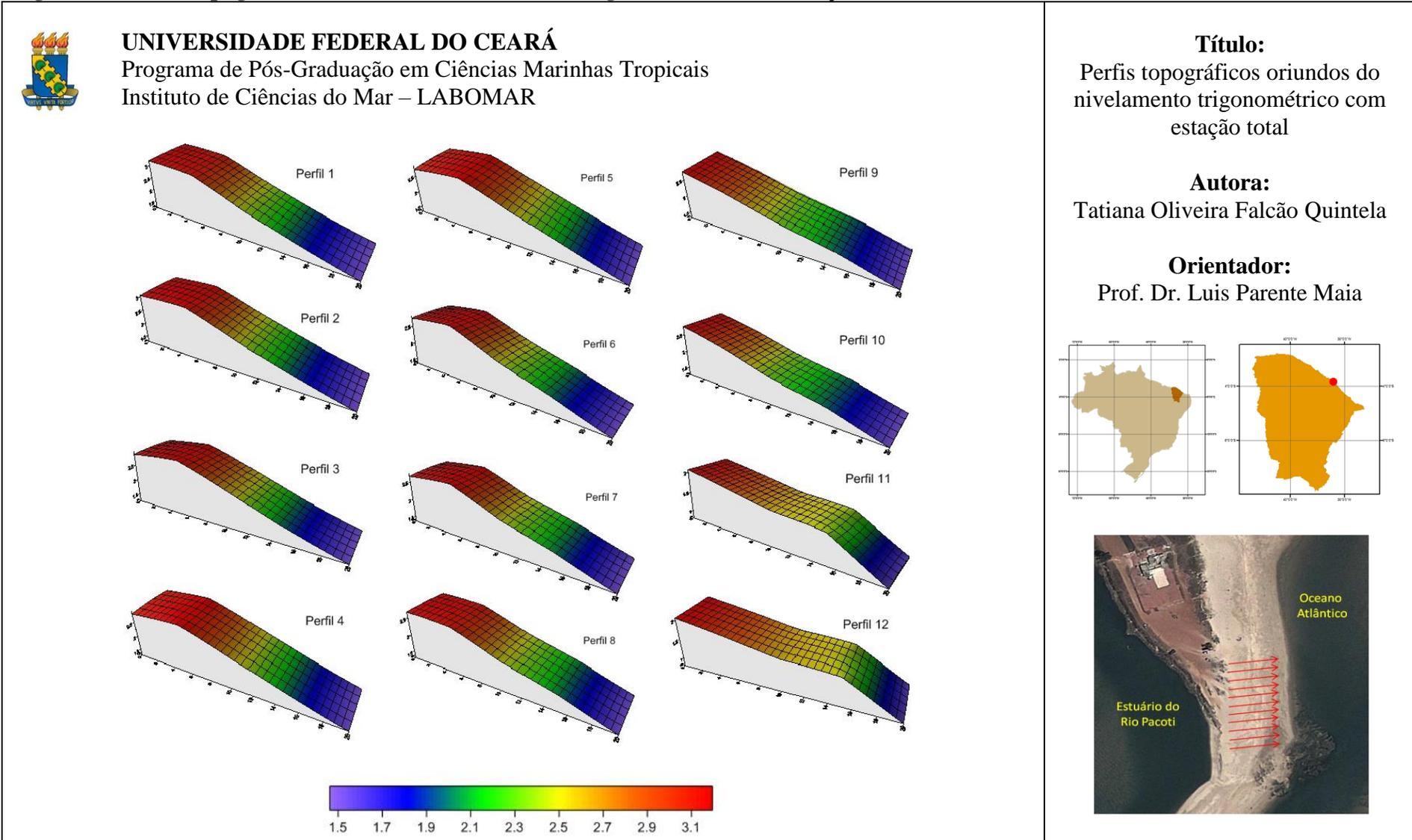
Quadro 83: Parâmetros dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total.

Estacas	Parâmetros estatísticos dos dados altimétricos											
	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6	Perfil 7	Perfil 8	Perfil 9	Perfil 10	Perfil 11	Perfil 12
Maior altitude (m)	3,181	3,038	2,968	2,909	2,843	2,807	2,746	2,670	2,737	2,736	2,071	2,048
Menor altitude (m)	1,213	1,237	1,235	1,258	1,310	1,356	1,350	1,303	1,277	1,253	0,802	0,782
Diferença de nível (m)	1,968	1,801	1,733	1,651	1,533	1,452	1,396	1,367	1,461	1,483	1,269	1,266
Declividade (%)	9,840	9,005	8,665	8,257	7,663	7,258	6,980	6,835	7,304	7,413	6,347	6,330
Declividade (°)	5,620	5,146	4,952	4,720	4,382	4,151	3,993	3,910	4,178	4,240	3,632	3,622

Admitindo-se uma linha de referência de altitude ortométrica de 0,000 m e uma largura 5,000 m foi possível calcular a área dos perfis topográficos, e posteriormente, calcular o volume de sedimentos considerando o estaqueamento de 5 m, 10 m e 20 m (Quadro 84).

As áreas das seções da faixa de praia variaram de 31,925 m² (perfil 12) a 46,810 m² (perfil 1) no estaqueamento de 5 m. Observa-se no quadro 84 que a área e o volume sedimentar dos perfis reduzem os valores quando aumenta o espaçamento entre as estacas, exceto no perfil 10. Foi constatado que 100% dos perfis de estaqueamento de 10 m e de 20 m apresentaram um volume sedimentar menor do que os perfis de estaqueamento de 5 m.

Figura 83: Perfis topográficos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total.



Quadro 84: Dados de perímetro (m), área (m²) e volume (m³) dos perfis topográficos oriundos do nivelamento trigonométrico com estação total.

Perfil	Estaqueamento 5 m			Estaqueamento 10 m			Estaqueamento 20 m		
	Perímetro (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)	Perímetro (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)	Perímetro (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)
1	44,513	46,810	234,050	44,493	45,480	227,400	44,491	43,940	219,700
2	44,384	46,408	232,040	44,361	44,945	224,725	44,356	42,750	213,750
3	44,206	45,738	228,690	44,182	44,305	221,525	44,172	41,050	205,250
4	44,148	45,325	226,625	44,126	43,810	219,050	44,115	40,560	202,800
5	44,104	44,795	223,975	44,082	43,200	216,000	44,073	40,240	201,200
6	44,155	44,625	223,125	44,135	42,950	214,750	44,131	40,840	204,200
7	44,078	43,848	219,240	44,058	42,075	210,375	44,054	40,110	200,550
8	44,032	42,512	212,560	44,022	41,155	205,775	44,020	39,730	198,650
9	44,068	40,695	203,475	44,067	40,160	200,800	44,067	40,140	200,700
10	44,046	40,448	202,240	44,044	39,785	198,925	44,044	39,890	199,450
11	42,935	32,128	160,640	42,917	30,575	152,875	42,913	28,730	143,650
12	42,895	31,925	159,625	42,874	30,210	151,050	42,870	28,300	141,500

7.3. Levantamento geodésico por posicionamento relativo com *Real Time Kinematic* (RTK)

As altitudes ortométricas (z) e as posições (x, y) das estacas foram obtidos através do RTK. A base do RTK foi estacionada e nivelada sobre um ponto de coordenadas desconhecidas. Após informar a altura da antena e as coordenadas provisórias da base pelo módulo de navegação, a base foi inicializada. O tempo de rastreamento da base ultrapassou das 2 horas. Dessa forma, o tempo mínimo de rastreamento da base (30 minutos) para o comprimento da linha de base situada entre 10 a 20 km com frequência L1 e L2, conforme a Norma Técnica para Georeferenciamento de Imóveis Rurais do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) foi respeitada.

Em seguida o *rover* do RTK foi configurado e iniciado o levantamento de dados posicionando e nivelando o equipamento ao lado das 5 estacas correspondentes aos 11 perfil topográficos. O procedimento foi repetido uma única vez em cada estaca, totalizando 55 amostras referentes à altitude geométrica (referida ao elipsoide). Portanto, não foi possível fazer análise estatística.

Os dados da base do RTK foram processados a partir das Redes Brasileiras de Monitoramento Contínuo (RBMC), nomeadas de CEEU e CEFT, em SIRGAS 2000. Após o processamento foram determinadas as coordenadas UTM (9.577.513,879 N / 566.323,661 E),

as coordenadas Geográficas (03°52'19,5568" S / 38°24'09,5653" W) e a altitude geométrica (-3,232 m) da base, com desvio padrão de 0,004 m na horizontal (H) e 0,007 m na vertical (V). Em seguida, os dados oriundos do *Rover* foram processados para obter as coordenadas e a altitude geométrica dos pontos.

A altitude determinadas pelo RTK é referida à superfície do elipsoide, conhecida como altitude geométrica ou altitude elipsoidal (h). Entretanto, a superfície de referência altimétrica adotada no território brasileiro é o geoide, ou seja, superfície referida ao nível médio dos mares. A altitude referida ao geoide é denominada de altitude ortométrica (H).

Foi possível calcular a ondulação geoidal (N) das estacas mensuradas com o RTK com o auxílio das coordenadas geográficas em SIRGAS 2000 e o Programa MAPGEO 2010. O valor da ondulação geoidal (N) foi de -8,77 m para todas as coordenadas (quadro 85). As altitudes elipsoidais variaram de -5,374 m a -7,638 m. Após calcular a diferença da altitude elipsoidal com a ondulação geoidal, foi possível obter os dados altimétricos referidos ao nível médio dos mares. Os valores da altitude ortométrica variaram de 1,132 m a 3,396 m.

Quadro 85: Dados altimétricos oriundos do posicionamento relativo com RTK.

Identificação	Norte (N)	Leste (E)	Altitude Elipsoidal (h)	Ondulação Geoidal (N)	Altitude Ortométrica (H)
1	9577434,5560	566387,8230	-7,321	-8,77	1,449
2	9577429,6280	566388,7350	-7,303	-8,77	1,467
3	9577424,7420	566389,7430	-7,308	-8,77	1,462
4	9577419,8600	566390,7190	-7,288	-8,77	1,482
5	9577414,9470	566391,6650	-7,245	-8,77	1,525
6	9577410,0520	566392,5970	-7,207	-8,77	1,563
7	9577405,0980	566393,5980	-7,181	-8,77	1,589
8	9577400,2130	566394,5720	-7,228	-8,77	1,542
9	9577395,3290	566395,5270	-7,295	-8,77	1,475
10	9577390,4000	566396,5560	-7,415	-8,77	1,355
11	9577385,5760	566397,5110	-7,564	-8,77	1,206
12	9577383,7150	566397,8790	-7,638	-8,77	1,132
13	9577386,0500	566392,0460	-7,049	-8,77	1,721
14	9577390,2870	566391,1820	-6,968	-8,77	1,802
15	9577394,5510	566390,3850	-6,880	-8,77	1,890
16	9577398,7550	566389,5820	-6,863	-8,77	1,907
17	9577403,0050	566388,7420	-6,819	-8,77	1,951
18	9577407,2960	566387,9120	-6,770	-8,77	2,000
19	9577411,5660	566387,0950	-6,754	-8,77	2,016

20	9577415,8450	566386,2470	-6,777	-8,77	1,993
21	9577420,1270	566385,4280	-6,799	-8,77	1,971
22	9577423,8610	566384,7230	-6,799	-8,77	1,971
23	9577428,7520	566383,8350	-6,825	-8,77	1,945
24	9577433,5910	566382,9430	-6,829	-8,77	1,941
25	9577432,6260	566378,0450	-6,198	-8,77	2,572
26	9577427,7100	566379,0590	-6,174	-8,77	2,596
27	9577422,8280	566380,0940	-6,158	-8,77	2,612
28	9577417,9390	566381,1060	-6,200	-8,77	2,570
29	9577413,0580	566382,1180	-6,229	-8,77	2,541
30	9577408,1720	566383,1200	-6,285	-8,77	2,485
31	9577403,2740	566384,1150	-6,334	-8,77	2,436
32	9577398,3650	566385,1370	-6,418	-8,77	2,352
33	9577393,4730	566386,1180	-6,553	-8,77	2,217
34	9577388,5760	566387,1140	-6,673	-8,77	2,097
35	9577383,6970	566388,1320	-6,789	-8,77	1,981
36	9577378,8040	566389,1960	-6,934	-8,77	1,836
37	9577377,7650	566384,9210	-6,712	-8,77	2,058
38	9577382,6170	566383,8150	-6,557	-8,77	2,213
39	9577387,5120	566382,7500	-6,346	-8,77	2,424
40	9577392,4030	566381,7140	-6,147	-8,77	2,623
41	9577397,3020	566380,6280	-5,935	-8,77	2,835
42	9577402,1790	566379,5010	-5,804	-8,77	2,966
43	9577407,0360	566378,4440	-5,732	-8,77	3,038
44	9577411,9540	566377,4540	-5,708	-8,77	3,062
45	9577416,8680	566376,3090	-5,655	-8,77	3,115
46	9577421,7770	566375,3540	-5,576	-8,77	3,194
47	9577426,6780	566374,2580	-5,499	-8,77	3,271
48	9577431,5660	566373,1740	-5,492	-8,77	3,278
49	9577430,4360	566368,3130	-5,374	-8,77	3,396
50	9577425,5440	566369,3660	-5,538	-8,77	3,232
51	9577420,6810	566370,4550	-5,687	-8,77	3,083
52	9577415,7900	566371,5520	-5,771	-8,77	2,999
53	9577410,9120	566372,6430	-5,813	-8,77	2,957
54	9577406,0380	566373,7720	-5,833	-8,77	2,937
55	9577401,1580	566374,8510	-5,874	-8,77	2,896
56	9577396,2550	566375,9730	-5,863	-8,77	2,907
57	9577391,3620	566377,0820	-5,816	-8,77	2,954
58	9577386,5040	566378,1950	-5,814	-8,77	2,956
59	9577381,6520	566379,3210	-6,168	-8,77	2,602
60	9577376,7960	566380,4360	-6,468	-8,77	2,302

Observa-se que os valores das altitudes ortométricas crescem da estaca zero para estaca quatro, e decrescem da estaca 1 para estaca 4 entre os perfis topográficos 1 a 7. Consta-se que nos perfis de 8 a 9 a altitude decresce da estaca zero para estaca quatro (Quadro 86).

Quadro 86: Altitudes ortométricas dos perfis topográficos.

Estacas	Altitudes ortométricas (m)											
	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6	Perfil 7	Perfil 8	Perfil 9	Perfil 10	Perfil 11	Perfil 12
0	3,396	3,232	3,083	2,999	2,957	2,937	2,896	2,907	2,954	2,956	2,602	2,302
1	3,278	3,271	3,194	3,115	3,062	3,038	2,966	2,835	2,623	2,424	2,213	2,058
2	2,572	2,596	2,612	2,570	2,541	2,485	2,436	2,352	2,217	2,097	1,981	1,836
3	1,941	1,945	1,971	1,971	1,996	2,016	2,000	1,951	1,907	1,890	1,802	1,721
4	1,449	1,467	1,462	1,482	1,525	1,563	1,589	1,542	1,475	1,355	1,206	1,132

Os dados altimétricos oriundos do métodos posicionamento relativo com RTK foram representados por meio de perfis topográficos na Figura 84. Observa-se familiaridades do perfil 1 ao perfil 8. E a partir do perfil a feição do terreno se apresenta de forma mais suave, ou seja, menos inclinado.

O perfil topográfico 1 apresentou a maior diferença de nível (1,947 m) e maior declividade (5,560°) em relação aos outros perfis (Quadro 87). A menor diferença de nível (1,170 m) foi verificado no perfil 12, e em consequência, a menor declividade (3,348°)

Quadro 87: Parâmetros dos dados altimétricos oriundos do método de posicionamento relativo com RTK.

Estacas	Parâmetros estatísticos dos dados altimétricos											
	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6	Perfil 7	Perfil 8	Perfil 9	Perfil 10	Perfil 11	Perfil 12
Maior altitude (m)	3,396	3,271	3,194	3,115	3,062	3,038	2,966	2,907	2,954	2,956	2,602	2,302
Menor altitude (m)	1,449	1,467	1,462	1,482	1,525	1,563	1,589	1,542	1,475	1,355	1,206	1,132
Diferença de nível (m)	1,947	1,804	1,732	1,633	1,537	1,475	1,377	1,365	1,479	1,601	1,396	1,170
Declividade (%)	9,735	9,020	8,660	8,165	7,685	7,375	6,885	6,825	7,395	8,005	6,980	5,850
Declividade (°)	5,560	5,154	4,949	4,668	4,395	4,218	3,939	3,904	4,229	4,577	3,993	3,348

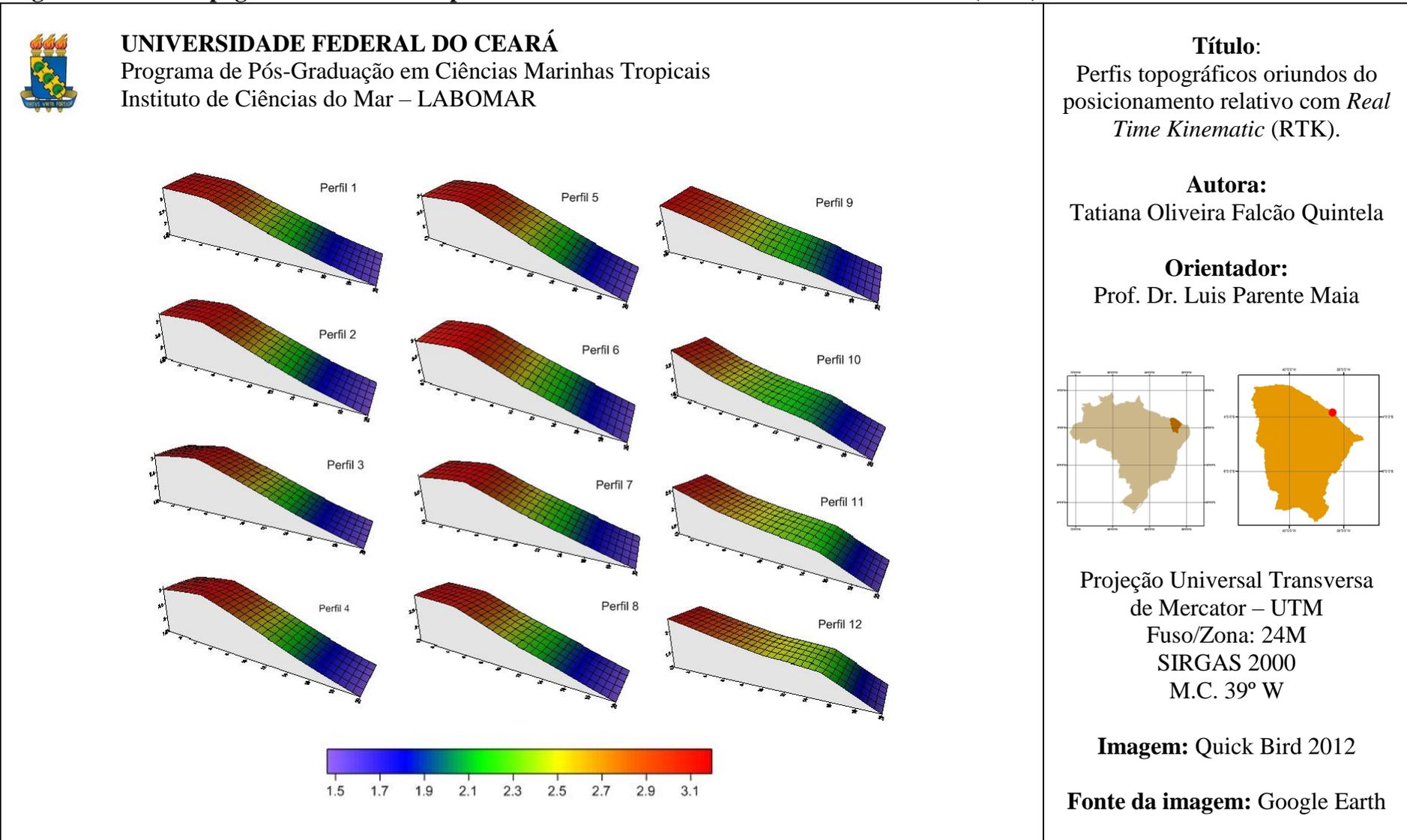
Admitindo-se uma linha de referência de altitude ortométrica de 0,000 m e uma largura 5,000 m foi possível calcular a área dos perfis topográficos, e posteriormente, calcular o volume de sedimentos considerando o estaqueamento de 5 m, 10 m e 20 m (Quadro 88).

As áreas das seções da faixa de praia variaram de 36,660 m² (perfil 12) a 51,067 m² (perfil 1) no estaqueamento de 5 m. Observa-se no Quadro 88 que a área e o volume sedimentar dos perfis reduzem os valores quando aumenta o espaçamento entre as estacas, exceto no perfil 10. Foi constatado que 95,83% dos perfis de estaqueamento de 10 m e de 20 m apresentaram um volume sedimentar menor do que os perfis de estaqueamento de 5 m, exceto o perfil 10.

Quadro 88: Dados de perímetro (m), área (m²) e volume (m³) dos perfis topográficos oriundos do método de posicionamento relativo com RTK.

Perfil	Estaqueamento 5 m			Estaqueamento 10 m			Estaqueamento 20 m		
	Perímetro (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)	Perímetro (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)	Perímetro (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)
1	44,960	51,067	255,335	44,942	49,945	249,725	44,940	48,450	242,250
2	44,810	50,808	254,040	44,783	49,455	247,275	44,777	46,990	234,950
3	44,647	50,248	251,240	44,622	48,845	244,225	44,611	45,450	227,250
4	44,572	49,483	247,415	44,549	48,105	240,525	44,538	44,810	224,050
5	44,562	49,200	246,000	44,542	47,820	239,100	44,533	44,820	224,100
6	44,574	48,945	244,725	44,553	47,350	236,750	44,547	45,000	225,000
7	44,549	48,223	241,115	44,531	46,785	233,925	44,528	44,850	224,250
8	44,506	46,812	234,060	44,497	45,765	228,825	44,496	44,490	222,450
9	44,485	44,807	224,035	44,484	44,315	221,575	44,484	44,290	221,450
10	44,383	42,833	214,165	44,375	42,525	212,625	44,375	43,110	215,550
11	43,867	39,500	197,500	43,857	38,850	194,250	43,857	38,080	190,400
12	43,481	36,660	183,300	43,470	35,530	177,650	43,470	34,340	171,700

Figura 84: Perfis topográficos oriundos do posicionamento relativo com Real Time Kinematic (RTK).



7.4. Análise comparativa dos métodos e equipamentos.

A necessidade de obtenção de dados de qualitativos é de fundamental importância do estudo morfológico de feições costeiras, especificamente, em faixas de praia. A representação gráfica uma seção da faixa de praia é instrumento valioso no que se refere ao planejamento e gestão costeira. A partir do perfil foi possível extrair informações referente a morfologia do terreno, com a altitude (máxima e mínima), diferença de nível (m), declividade (em percentual e graus), perímetro (m), área (m²) e volume (m³).

Nesse estudo foi constatado que o nivelamento geométrico apresentou melhores resultados do que o método de nivelamento trigonométrico e método de posicionamento relativo com RTK na obtenção dos dados, pois, os dados se apresentaram de forma maior uniforme. Fato evidenciado, a partir do desvio padrão das amostras (exceto do RTK). Entretanto é o método mais demorado dos três analisados.

Apesar dos dados altimétricos oriundos do nivelamento trigonométrico terem apresentados maiores dispersões entre as amostras foi verificado que a média das altitudes ortométricas apresentou mais precisão do que o método de posicionamento relativo com RTK, ficando em segundo lugar com precisão milimétrica. Em terceiro lugar, ficou sendo o método de posicionamento relativo com RTK com precisão centimétrica na distância vertical. Entretanto, é o método mais rápido na coleta de dados na situação estudada.

Foi constatado poucas variações na área e no volume do nivelamento geométrico composto simples e nivelamento trigonométrico com estação total. Observou-se variações maiores da área e do volume no levantamento por posicionamento relativo com RTK em relação aos outros métodos e equipamentos.

As vantagens, desvantagens e os tipos de cuidados ao aplicar os métodos e os equipamentos na obtenção de dados foram descritos no Quadro 89. No que se relaciona a precisão do levantamento foi classificada em: baixa precisão, média precisão e alta precisão. E que se refere ao custo do equipamento, foi classificado em: custo baixo, custo

médio e custo alto. O tempo de execução do levantamento foi classificado em: demorado, moderado e rápido.

Quadro 89: Vantagens, desvantagens e tipos de cuidados adotados durante o levantamento topográfico e geodésico.

Métodos	Equipamentos	Vantagens	Desvantagens	Cuidados
Nivelamento Geométrico	<ul style="list-style-type: none"> Nível Topográfico 	<ul style="list-style-type: none"> Alta precisão; Baixo custo; Auxílio na criação dos alinhamentos longitudinais; Obtenção de dados altimétricos; Verificação dos dados. 	<ul style="list-style-type: none"> Levantamento demorado e trabalhoso; Leituras efetuadas manualmente; Processamento dos dados demorado; Equipamento não armazena os dados. 	<ul style="list-style-type: none"> Equipamento deve estar aferido; Leitura dos fios estadimétricos; Equipamento deve estar nivelado; Garantir a verticalidade da mira; Usar nível de cantoneira acoplado a mira; Evitar usar a mira topográfica acima de 3 m; Anotações dos dados.
Nivelamento trigonométrico	<ul style="list-style-type: none"> Estação Total 	<ul style="list-style-type: none"> Média precisão; Médio custo; Agilidade no levantamento e processamento dos dados; Armazenamento de dados. 	<ul style="list-style-type: none"> Diversas possibilidades de cometer erro; Armazena os dados; Verificação somente após descarregamento dos dados. 	<ul style="list-style-type: none"> Equipamento deve estar aferido; Equipamento deve estar nivelado; Verificar a constante do prisma; Informar a altura do instrumento; Informar a altura do prisma; Garantir a verticalidade do prisma; Não enterrar a ponteira do bastão do prisma. Verificar sempre o nivelamento.
Posicionamento Relativo	<ul style="list-style-type: none"> RTK 	<ul style="list-style-type: none"> Baixa precisão na vertical; Alto custo; Agilidade no levantamento e processamento dos dados; Armazenamento de dados. 	<ul style="list-style-type: none"> Diversas possibilidades de cometer erro; Tempo de rastreamento; Pós-processamento depende do relatório da RBMC; Altitude geométrica; Verificação após descarregamento dos dados. 	<ul style="list-style-type: none"> Equipamento deve estar aferido; Verificar a comunicação base e rover; Configurar o equipamento; Equipamento (base) deve estar nivelado; Equipamento (rover) deve estar nivelado; Garantir a verticalidade do bastão; Não enterrar a ponteira do bastão do rover.

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Nas literaturas estudadas, verificou-se que existem os mais variados métodos e técnicas aplicadas para estudar a morfologia de feições costeiras dos ambientes defrontantes dos estuários (faixa de praia, linha de costa, barra arenosa e desembocadura de rios), tais como: técnicas de geoprocessamento de imagens de satélites e/ou fotografias aéreas, por vídeos, como também, aplicações diretas de levantamentos topográfico e geodésico tanto no contexto nacional quanto no contexto internacional.

A obtenção dos dados morfológicos das feições costeiras são obtidos a partir de aplicações de métodos e técnicas oriundos de outras áreas do conhecimento, como por exemplo, sensoriamento remoto, cartografia, topografia e geodésia, daí do fato de requerer do pesquisador ou do profissional uma atenção maior no levantamento dos dados. É importante para qualquer profissional compreender as fontes de erros da topografia, da geodésia e da técnica de geoprocessamento na obtenção dos dados. E além disso, ter conhecimento das normas existentes.

Sabe-se que a aplicação de cada técnica vai estar associado diretamente ao objetivo a ser alcançado. Qualquer tipo de levantamento de dados topográfico e/ou geodésico requer acima de tudo planejamento. Como por exemplo, conhecer o tempo mínimo de rastreamento quando se trabalha com levantamento geodésico por posicionamento relativo com *Real Time Kinematic* (RTK) para obter uma posição (x, y) qualitativa na horizontal. Fato esse, relacionado diretamente com o comprimento da linha de base e a frequência do equipamento. Além disso, o processamento dos dados oriundos da base e do rover do RTK, dependem dos relatórios lançados após 24 horas no *site* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC).

O melhor método e equipamento para obtenção de dados altimétricas no estudo morfológico de feições costeiras foi o nivelamento geométrico com o uso de nível topográfico. Ou ainda também, o método de nivelamento hidrostático com mangueira de nível. Ambos vão apresentar dados altimétricos iguais ou bem próximos (precisão

milimétrica). Tudo vai depender do manuseio e da leitura correta na obtenção dos dados. Apesar da mangueira de nível ser considerado uma técnica rudimentar, foi classificada melhor do que o RTK no levantamento altimétrico. Ratifico que a metodologia de nivelamento hídrostático é tão precisa quanto um nivelamento geométrico, e mais precisa ainda, do que um levantamento por posicionamento relativo com RTK.

No que se refere ao levantamento de dados planimétricos o melhor método e equipamento foi o posicionamento relativo com RTK, e em segundo, foi método de caminhamento por poligonal fechada. A diferença na posição das coordenadas no ponto de controle foi de 0,005 m na horizontal. O método de posicionamento absoluto com receptor de Sistema de Posicionamento Global ficou em terceiro lugar. Um fator que deve ser considerado quando se vai trabalhar com a posição linha de costa é definir a escala de trabalho para saber qual método e equipamento vai atender as expectativas almejadas.

O levantamento topográfico da linha de costa por método de caminhamento de poligonal fechada não foi encontrado na literatura. É um método seguro e preciso no levantamento planimétrico da linha de costa. E além disso, o equipamento utilizado é mais barato que do que o RTK. Outro ponto, positivo é a possibilidade de quantificar o erro de tolerância angular e linear. Por isso, a necessidade de ter conhecimento da Norma de Execução de Levantamento Topográfico (NBR 13.133/1994).

Dependendo do objetivo e da escala de trabalho, evitar o uso da metodologia por posicionamento absoluto com receptor de Sistema de Posicionamento Global (GPS) nas pesquisas de caráter científico, devido a sua baixa precisão, tanto na horizontal quanto na vertical.

Outro fator que se deve ser levado em consideração é o estaqueamento estabelecido para obtenção de dados e monitoramento contínuo. Dessa forma, é possível obter estimativa mais próximas da realidade. Portanto, o importante é que no monitoramento seja realizada as medições no mesmo ponto. A estação total e o RTK são instrumentos ótimos para localização dos pontos.

Também pode-se fazer uso da bússola magnética (baixa precisão) para estabelecer um alinhamento de monitoramento na faixa de praia. Entretanto, deve-se trabalhar com o azimute verdadeiro, pois, o magnético altera com o decorrer do tempo.

Caso ocorra a necessidade de obter informação de uma feição morfológica que se encontra localizado entre o estaqueamento, é interessante realizar a quebra do estaqueamento. A mesma coisa pode ser feita para delimitar os limites da faixa de praia (pós-praia, estirâncio e ante-praia).

Tomando como base os resultados oriundos desta pesquisa, recomendo no nivelamento geométrico com nível topográfico:

- Verificar a calibração do equipamento e dos acessórios topográficos;
- Ficar conferindo o nivelamento do equipamento;
- Determinar um sistema de referência (nível da água, referência de nível...) para mensurar a distância vertical;
- Trabalhar com a trena na horizontal para estaquear o terreno;
- Fazer uso de piquetes no estaqueamento;
- Evitar estaqueamento maior que 20 metros para minimizar o efeito da catenária e da elasticidade,
- Trabalhar com a trena na horizontal;
- Utilizar trena de fibra de vidro para minimizar o efeito da dilatação;
- Não recomendo trabalhar com o método de passadas para obter a distância horizontal, e muito menos, soerguer qualquer acessório topográfico (mira topográfica) para obter a distância vertical (cota ou altitude);
- Trabalhar com um nível de cantoneira acoplado a baliza para estaquear o terreno;
- Trabalhar com um nível de cantoneira acoplado a mira topográfica (precisão milimétrica) para garantir a verticalidade;
- Realizar no mínimo duas ou mais leituras em cada estaca para conferir e/ou calcular a média;
- Evitar visadas maiores que 100 metros de distância para não estimar o valor do milímetro errado.

No levantamento topográfico por método hidrostático com mangueira de nível, recomendo:

- Verificar a calibração dos acessórios topográficos (trena e mira topográfica);
- Não recomendo trabalhar com o método de passadas para obter a distância horizontal;
- Trabalhar com a trena na horizontal para estaquear o terreno;
- Fazer uso de piquetes no estaqueamento;
- Evitar estaqueamento maior que 20 metros para minimizar o efeito da catenária e da elasticidade;
- Trabalhar com a trena na horizontal;
- Utilizar trena de fibra de vidro para minimizar o efeito da dilatação;
- Usar mangueira de nível com diâmetro de 8 a 12,5mm e parede espessa para evitar dobras;
- Trabalhar com um nível de cantoneira acoplado a mira topográfica (precisão milimétrica) para garantir a verticalidade;
- Realizar no mínimo duas ou mais leituras em cada estaca para conferir e/ou calcular a média.

No levantamento geodésico por posicionamento relativo com *Real Time Kinematic* (RTK) sugiro:

- Verificar a calibração do equipamento e dos acessórios topográficos;
- Ficar conferindo o nivelamento dos equipamentos (base e rover);
- Trabalhar com a trena na horizontal para estaquear o terreno;
- Fazer uso de piquetes no estaqueamento;
- Evitar estaqueamento maior que 20 metros para minimizar o efeito da catenária e da elasticidade quando fizer uso da trena;
- Trabalhar com a trena na horizontal;
- Utilizar trena de fibra de vidro para minimizar o efeito da dilatação;
- Trabalhar com um nível de cantoneira ao rover para garantir a verticalidade e um melhor resultado dos dados coletados.

No levantamento topográfico por caminhamento de poligonal fechada recomendo:

- Verificar a calibração do equipamento e dos acessórios topográficos;
- Ficar conferindo o nivelamento do equipamento;
- Verificar a verticalidade do eixo principal do equipamento na estação;
- Trabalhar com um nível de cantoneira acoplado ao bastão do prisma para garantir a verticalidade e um melhor resultado dos dados coletados;
- Pegar o ponto mais baixo do bastão do prisma para obter os ângulos horizontais e dar referência ao equipamento;
- Ter atenção para não enterrar a ponteira do prisma durante as medições altimétricas.

Conclui-se que mesmo aplicando diversas metodologias (de baixa a alta precisão) na obtenção de dados foi constatado pela teoria dos topógrafos que realmente, “*nenhuma medida é exata... toda medida contém erro*”. Espero que essa pesquisa venha contribuir significativamente com as pesquisas científicas no estudo morfológico da zona costeira e venha esclarecer algumas indagações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENDA 21: conferência das nações unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento. Brasília: Senado Federal - Subsecretaria de Edições Técnicas, 1996.

ALBUQUERQUE, M.G. ; CALLIARI, L. J. ; CORREA, I. C. S. ; PINHEIRO, L. S. . Morfodinâmica da Praia do Futuro, Fortaleza-CE: uma síntese de dois anos de estudos. *Quaternary and Environmental Geoscience*, v. 2, p. 49-57, 2009.

AQUASIS. **A zona costeira do Ceará**: diagnóstico para a gestão integrada. Fortaleza: Pouchain Ramos, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.133**: Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **NBR 14.166**: Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimento. Rio de Janeiro, 1998.

ATLAS GEOGRÁFICO DAS ZONAS COSTEIRAS E OCEÂNICAS DO BRASIL. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

BARBOSA, A. P. L. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UECE, 2001.

BORGES, A. de C. **Topografia aplicada à engenharia civil**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Edgard Blucher, 1992. v. 1.

BORGES, A. de C. **Topografia aplicada à engenharia civil**. São Paulo: Edgard Blucher, 1992. v. 2.

BRASIL. Lei Federal nº 7.661, de 16 de maio de 1988. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. Brasília, DF, 1988.

_____. Decreto no 1.290, de 21 de outubro de 1994. Estabelece os pontos apropriados para o traçado das Linhas de Base Retas ao longo da costa brasileira. Brasília, DF, 1994.

_____. Resolução nº 005, de 03 de dezembro de 1997. Aprova o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro II. Brasília, DF, 1997.

BREED, C. B. **Topografia**. Bilbao: Urmo, 1969.

CALLIARI, L. J.; MUEHE, D.; HOEFEL, F. G.; TOLDO JR, E. Morfodinâmica praias: uma breve revisão. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 51, p. 63-78, 2003.

CAMARGO, J. M. **Evolução da morfodinâmica e análise da estabilidade do canal do Rio Itaguapé em Bertioga, SP**. 2012. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Química e Geológica) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

CAMERON, W. N. & PRITCHARD, D. W. 1963. **Estuaries**. In: Goldberg, E. D.; McCave, I. N.; O'Brien, I. I. & Steele, I. H. eds. *The Sea*. New York, John Wiley & Sons. p. 306-324.

CANHOTA, C. Qual a importância do estudo piloto? In: SILVA, E. E. (Org.). **Investigação passo a passo: perguntas e respostas para investigação clínica**. Lisboa: APMCG, 2008.

CARTER, R. W. G. **Coastal Environments: An Introduction to the Physical, Ecological and Cultural Systems of Coastlines**. Academic Press, London. 1988. 617p.

CASSIANO, G. F.; SIEGLE, E. Migração lateral da desembocadura do rio Itapocú, SC, Brasil: evolução morfológica e condicionantes físicas. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 28, p. 537-549, 2010.

CASTELLO, J. P.; LANA, P. da C. Introdução. In: LANA, P. da C. et al. (Org.). **Avaliação ambiental de estuários brasileiros: aspectos metodológicos**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2006. 156 p.

CHRISTOPHERSON, R. W. **Geossistemas: Uma introdução à geografia física**. Trad. Francisco Eliseu Aquino et al. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

CIRM. Comissão Interministerial para os Recursos do Mar. In: III PLANO BÁSICO DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO. **I Plano Setorial para os Recursos do mar (1982-1985)**, Brasília, 1981.

COMASTRI, J. A. **Topografia: altimetria**. Colaboração de José Claudio Tuler. 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003.

COMASTRI, J. A.; TULLER, J. C. **Topografia: altimetria**. Viçosa: UFV, 1987.

CRESPO, A. A. **Estatística fácil**. 19. ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

DALRYMPLE, R.W. Tidal depositional systems. In: WALKER, R. G.; JAMES, N. P. (Eds.). **Facies Models: Response to Sea Level Change**. Canada: Geological Association of Canada, St. John's, 1992.

DAVIES, J. H. A Morphogenic approach of world shorelines. **Z. Geomorphology**, v. 8, p. 127-142, 1964.

DAVIES, J. L. **Geographical variation in coastal development**. New York: Hafner, 1973.

DIAS, A. L.; SARAIVA, A. G. S.; GADELHA, A. G.; SOUZA, R. F.; GUIMARÃES, C. L. Utilização de estação total para a execução de levantamentos altimétricos compatíveis com a classe IIN da NBR 13133. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 3., 2010, Recife. **Anais...** Recife: 2010.

DIAS, C. B. **Dinâmica do sistema estuarino Timonha/Ubatuba e suas implicações ambientais, Ceará-Brasil**. 2005. 145 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

DIAS, J. M. A. A Evolução Actual do Litoral Português. **Geonovas**, Lisboa, v. 11, p. 15-28, republicado em *Protecção Civil*, v. 3, n. 10, p. 2-15, 1990.

_____. Evolução da zona costeira portuguesa: forçamentos antrópicos e naturais. **Revista da Área de Seminários da ESGHT**, Universidade do Algarve, Faro, 2005. Disponível em: <http://w3.ualg.pt/~jldias/JAD/papers/05_RevTur.pdf>. Acesso em: 2 set. 2013.

DINIZ, A. V. **Apostila de topografia conceitos básicos**. FUMEC, 2004. Disponível em: <http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fxa.yimg.com%2Fkq%2Fgroups%2F463790%2F553496680%2Fname%2FTopografiaConceitosB%25C3%25A1sicos.pdf&ei=11S3U9jyOYK1sAS15oGICw&usq=AFQjCNG3Y8UM09aftGJuiU44FIW2SGXtMw&sig2=c5i6QHLjtiLhLNEmh2qikQ&bvm=bv.70138588,d.cWc>. Acesso em: 3 maio 2014.

_____. **Topografia: conceitos básicos**. 2004. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/86532602/TopografiaConceitosBasicos>>. Acesso em: 10 maio 2013.

DOUBECK, A. **Topografia**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1989.

DOYLE, F. J. Digital terrain models: an overview. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 44, n. 12, p. 1481-1485, 1978.

ESPARTEL, L. **Curso de Topografia**. 9. ed. Porto Alegre: Globo. 1980.

FAIRBRIDGE, R. W. The estuary: its definition and geodynamic cycle. In: OLAUSSON, E.; CATO, I. (Eds.). **Chemistry and Geochemistry of Estuaries**. New York: Wiley, 1980.

FALCÃO-QUINTELA, T. O. **A dinâmica ambiental do estuário do Rio Curu-CE: Subsídios para o gerenciamento da área de proteção ambiental**. 2008. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) – Universidade Estadual do Estado do Ceará, Fortaleza, 2008.

FALCÃO-QUINTELA, T. O.; MORAIS, J. O.; PINHEIRO, L. S. Morphodynamics Of The Curu Estuary Inlet Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. 64, p. 805-808, 2011.

FELGUEIRAS, C. A.; CÂMARA, G. **Modelagem numérica de terreno**. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Eds./Orgs.). *Introdução à Ciência da Geoinformação*. INPE. 2004. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap7-mnt.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2014.

FERREIRA, N. S. A. **As pesquisas denominadas “estado da arte”**. Disponível em: <<http://www.fe.unicamp.br/alle/textos/NSAF-AsPesquisasDenominadasEstadodaArte.pdf>>. Acesso em: 8 ago. 2013.

GARCIA, G. J.; PIEDADE, G. C. R. **Topografia aplicada às ciências agrárias**. 5. ed. São Paulo: Nobel, 1989.

GARRISON, T. **Fundamentos de oceanografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

GEMAEL, C.; ANDRADE, J. B. **Geodésia celeste**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2004.

GRANELL-PÉREZ, M. C. **Trabalhando Geografia com as Cartas Topográficas.** 2. ed. Unijuí: 2004.

HAYES, M. O. Morphology of sand accumulations in estuaries. In: CRONIN, L. E. (Ed.). **Estuarine research: geology and engineering.** New York: Academic Press, 1975. v. 2.

Hansen, D. V. & Rattray, M. 1966. **New dimensions in estuarine classification.** *Limnol. Oceanogr.*, (11):319-326

IPPEN, A. T.; HARLEMAN, D. R. F. **One-Dimensional analysis of salinity intrusion in estuaries.** Committee on Tidal Hydraulics. Tech. Bull. Corps of Engineers U. S. army, 1961, n. 5, 120 p.

KING, C. A. M. **Beaches and coasts.** 2. ed. Londres: Edward Arnold, 1972.

KJERFVE, B. Estuarine geomorphology and physical oceanography. In: DAY JR., W., C. H. A. S. HALL, K. W. M.; YANEZ-ARANCIBA, A. (Eds.). **Estuarine Ecology.** New York: Wiley, 1987.

KOMAR, P. D. **Handbook of Coastal Processes and Erosion.** Boca Raton, Fla.: CRC - Chemical Rubber Company Press, 1983.

LASSERRE, P. Coastal lagoons: sanctuary ecosystems, cradles for culture, targets for Economic growth. **Nature and Resources (UNESCO)**, v. 15, n. 4, p. 2-21, 1979.

LOCH, C.; CORDINI, J. **Topografia Contemporânea: Planimetria.** Florianópolis: UFSC, 2000.

MACKEY, A.; GASS, S. Common data collection measures. In: _____. **Second language research: methodology and design.** Mahwah: Lawrence Erlbaum, 2005.

MAIA, L. P.; FREIRE, G. S. S.; PESSOA, P. R. S.; RODRIGUES, A. C. B.; MAGALHÃES, S. H. O.; ARAÚJO, P. S. A. Transporte de Sedimentos na Região Costeira do Ceará. Fluxo de Sedimentos e Características Granulométricas. In: SIMP. GEOL. DO NE, 7., 1997, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 1997.

MANUE, D. F. et al. Introduction. In: MAUNE, D. F. (Ed.). **Digital elevation model technologies and applications: the DEM users manual.** Bethesda: ASPRS, 2001.

MCCORMAC, J. **Topografia.** Trad. Daniel Carneiro da Silva. 5. ed. São Paulo: LTC, 2007.

MEDINA, A. S.; MEDINA, S. da S. S. A Representação da superfície topográfica através de modelos digitais de terrenos. In: **VII International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design XVIII Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico,** Curitiba, Paraná, Brasil, 2007.

MIRANDA, L. B. de; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. **Princípios de oceanografia física de estuários.** São Paulo: Ed. da USP, 2002.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVASTAR-GPS: descrição, fundamentos e aplicações.** 2. ed. São Paulo: UNESP, 2008.

MOORE, L. J. Shoreline mapping techniques. **Journal of Coastal Research**, v. 16, n. 1, p. 111-124, 2000.

MORAIS, J. O. Compartimentação Territorial Evolutiva da Zona Costeira. In: LIMA, L. C.; MORAIS, J. O.; SOUZA, M. J. N. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará.** Fortaleza: FUNECE, 2000.

MORAIS, J. O. de. Processos e Impactos Ambientais em Zonas Costeiras. **Revista de Geologia da UFC**, Fortaleza, v. 9, p. 191-242, 1996.

MORAIS, J. O. de; MEIRELES, A. J. A. Riscos geológicos costeiros no município de Cascavel-CE. **Revista de Geologia**, Fortaleza, v. 5, p. 209-247, 1992.

MORAIS, J. O. Processos e impactos ambientais em zonas costeiras. **Revista de Geologia da UFC**, Fortaleza, v. 9, p. 191-242, 1996.

MOURA, M. R.; MORAIS, J. O. de. Caracterização morfodinâmica como subsídio para a gestão costeira do município de Aquiraz, Ceará, Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS BRASILEIROS, 15., 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: 2008. .

MOURA, M. R.; OLIVEIRA, G. G. de; MORAIS, J. O. de. Tendências de erosão da linha de costa do município de Caucaia-Ceará, associada às mudanças na morfodinâmica praias. In: SEMINÁRIO DO DIA DO GEÓGRAFO, 4., 2007, Fortaleza. Fortaleza: UECE/MAG, 2007.

_____. Geomorfologia Costeira. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações.** 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

_____. Estado morfodinâmico praias no instante da observação: uma alternativa de identificação. **Revista Brasileira de Oceanografia**, 46(2): 157-169. 1998.

_____. Critérios Morfodinâmicos para o Estabelecimento de Limites da Orla Costeira para fins de Gerenciamento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n. 1, p. 35-44, 2001.

_____. Beach morphodynamic research in Brazil: Evolution and applicability. **Journal of Coastal Research**, Itajaí, Santa Catarina, p. 32-42, 2003.

_____. Aspectos Gerais da Erosão Costeira no Brasil. *Revista Mercator - Revista de Geografia da UFC*, ano 04, número 07, 97 - 110p., 2005. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará.** Fortaleza: FUNECE, 2000. cap. II, p. 105-184.

PAIVA, E. M. C. D.; PAIVA, J. B. D. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas.** Porto Alegre: ABRH, 2003.

PAJAK, M. J.; LEATHERMAN, S. The high water line as shoreline indicator. **Journal of Coastal Research**, v. 18, n. 2, p. 329-337, 2002.

PARADA, M. de O. **Elementos da topografia**: Manual prático e teórico de medição e demarcações de terras. 2. ed. São Paulo: Luzes Gráfica, [1968?].

PAREDES, E. A. **Práticas aerofotogramétricas e suas aplicações na engenharia**. Brasília: CNPq, Maringá: CONCITEC, 1986.

_____. Estuarine hydrography. **Advances in Geophysics**. New York: Academic Press, 1952.

PRITCHARD, D. W. Estuarine circulation patterns. **Proceeding of the American Society of Civil Engineering**, v. 81, n. 717, 1955.

ROCHA, G. H. M. **Morfodinâmica de desembocaduras de sistemas estuarinos barrados: o caso do Rio Pacoti-Ceará**. 2013. 136 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2013.

RODRIGUES, J. C. **Topografia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979.

SANTOS, A. A. **Geodésia**: geodésia elementar e princípio de posicionamento global (GPS). Recife: UFPE, 2011.

SHORT, A. D.; WRIGHT, L. D. Morphodynamics of high energy beaches – an Australian perspective. In: THOM, B. G. (Ed.). **Coastal Geomorphology in Australia**. Academic Press, 1984.

Short A.D. Macro – meso tidal beach morphodynamics – An overview. **Journal of Coastal Research**, 7: 417-436. 1991.

Short A.D. Beach hazards and safety. In: Short A.D. (ed) **Handbook of Beach Shoreface Morphodynamics**. John Wiley & Sons, 293-303 p. 1999.

SILVA, A. F. **Características hidrográficas do estuário da Beira, Moçambique**. 2011. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SILVA, C. G.; PATCHINEELAM, S. M.; NETO, J. A. B.; PONZI, V. R. A. Ambientes de sedimentação costeira e processos morfodinâmicos atuantes na linha de costa. In: NETO, J. A. B.; PONZI, V. R. A.; SICHEL, S. E. (Org.). **Introdução à geologia marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

SIMMONS, H. B. Some effects of upland discharge on estuarine hydraulics. **Proc. Am. Soc. Civ. Engrs.**, v. 81, 1955.

SPRING. Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas. **Tutorial de geoprocessamento**. Divisão de Geoprocessamento de Imagens. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/modelagem.html>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

STOCKSON, H. J.; SALLENGER, A. H.; LIST, J. H.; HOLMAN, R. A. Estimation of shoreline position and change using airborne topographic lidar data. **Journal of Coastal Research**, v. 18, n. 3, 502-513, 2002.

STOMMEL, H. Computation of pollution in a vertically mixed estuary. **Sewage Ind. Wastes**, v. 25, p. 1065-1071, 1953.

SUGUIO, K. **Dicionário de Geologia Marinha**. São Paulo: T. A. Queiroz, 1992.

_____. Tópicos de geociências para o desenvolvimento sustentável: as regiões litorâneas. **Revista do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 2, p. 1-40, 2003.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; DOMINGUEZ, J. M. L.; FLEXOR, G. M.; AZEVEDO, A. E. G. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Resv. Bras. Geoc.**, v. 15, n. 4, p. 273-286, 1985.

TESSLER, M. G.; MAHIQUES, M. M. Processos Oceânicos e a Fisiografia dos Fundos Marinhos. In: TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2003.

TOMMASI, L. R. **Considerações ecológicas sobre o sistema estuarino de Santos (SP)**. 1979. Tese - Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.

UNESCO. **Guide Méthodologique d'Aide a La Gestion Integree de La Zone Côtière**. Paris: Commission Oceanographique Intergouvernementale, 1997.

VENTURI, L. A. B. (Org.). **Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

Wright L.D., Thom B.G. 1977. Coastal depositional landforms: a morphodynamic approach. **Progress in Physical Geography**, 1: 412-459.

WRIGHT, L.D.; Short A.D. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. **Marine Geology**, 56: 93-118. 1984.

YÁÑEZ-ARANCIBIA, A. Lagunas costeras y estuarios: cronologia critérios y conceptos para una clasificación ecológica de sistemas costeros. In: SIMPÓSIO DE ECOSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE. **Brasileira: Subsídios a um Gerenciamento Ambiental**. São Paulo, Serra Grande: ACIESP, (54-III): 1-38.

ANEXOS

ANEXO A: RELATÓRIO DA ESTAÇÃO ALTIMÉTRICA 2728U



Relatório de Estação Geodésica

Estação :	2728U	Nome da Estação :	2728U	Tipo :	Estação Altimétrica RN
Município :	FORTALEZA			UF :	CE
Última Visita :	30/7/2012	Situação Marco Principal :	Bom		

DADOS PLANIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVMÉTRICOS	
Latitude	03° 46' 08" S	Altitude Ortométrica (m)	18,0859	Gravidade (m Gal)	
Longitude	38° 28' 44" W	Fonte	Nivelamento Geométrico	Sigma Gravidade (m Gal)	
Fonte	GPS Navegação	Sigma Altitude (m)	0,09	Precisão	
Origem	Transformada	Datum	Imbituba	Datum	
S Datum	SAD-69	Data Medição	13/9/1995	Data Medição	
A Data Medição	30/7/2012	Data Cálculo	15/6/2011	Data Cálculo	
D Data Cálculo				Correção Topográfica	
6 Sigma Latitude (m)				Anomalia Bouguer	
9 Sigma Longitude (m)				Anomalia Ar-Livre	
UTM(N)	9.583.400			Densidade	
UTM(E)	557.863				
MC	-39				
Latitude	03° 46' 09" S			Gravidade (m Gal)	
S Longitude	38° 28' 45" W			Sigma Gravidade (m Gal)	
I Fonte	GPS Navegação			Precisão	
R Origem				Datum	
G Datum	SIRGAS2000			Data Medição	
A Data Medição	30/7/2012			Data Cálculo	
S Data Cálculo				Correção Topográfica	
2 Sigma Latitude (m)				Anomalia Bouguer	
0 Sigma Longitude (m)				Anomalia Ar-Livre	
0 UTM(N)	9.583.371			Densidade	
0 UTM(E)	557.832				
MC	-39				

- Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 15/06/2011 - Relatório em <http://geotop.ibge.gov.br/documentos/sigeodesia/relatorioajustamento.pdf>
- Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/03/2006 - Relatório em http://geotop.ibge.gov.br/documentos/sigeodesia/rel_sirgas2000.pdf
- Ajustamento Planimétrico Global SAD-69 em 15/09/1996 - Relatório em http://geotop.ibge.gov.br/documentos/sigeodesia/rel_sad69.pdf
- Dados Planimétricos para Fonte carta nas escalas menores ou igual a 1:250000, valores SIRGAS2000 = SAD-69

Localização

No centro do carteiro, defronte a Praça de Alimentação ao lado da Livraria Gabriel da Universidade de Fortaleza - UNIFOR, na Av. Washington Soares, 1321, no bairro Edson Queiroz.

Descrição

Tronco piramidal de concreto, medindo 15 x 15 cm no topo, aflorando 18 cm da base. Possui uma chapa de metal no seu topo estampada RN 2728 U

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2014).

ANEXO B: RELATÓRIO DA ESTAÇÃO ALTIMÉTRICA 2742H



Relatório de Estação Geodésica

Estação :	2742H	Nome da Estação :	2742H	Tipo :	Estação Altimétrica RN
Município :	FORTALEZA				UF : CE
Última Visita:	24/8/2009	Situação Marco Principal :	Bom		

DADOS PLANIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	03 ° 48 ' 27 " S	Altitude Ortométrica(m)	14,2007	Gravidade(mGal)	
Longitude	38 ° 25 ' 14 " W	Fonte	Nivelamento Geométrico	Sigma Gravidade(mGal)	
Fonte	GPS Navegação	Sigma Altitude (m)	0.09	Precisão	
Origem	Transformada	Datum	Imbituba	Datum	
S Datum	SAD-69	Data Medição	16/4/1997	Data Medição	
A Data Medição	24/8/2009	Data Cálculo	15/6/2011	Data Cálculo	
D Data Cálculo				Correção Topográfica	
6 Sigma Latitude(m)				Anomalia Bouguer	
9 Sigma Longitude(m)				Anomalia Ar-Livre	
UTM(N)	9.579.128			Densidade	
UTM(E)	564.338				
MC	-39				
Latitude	03 ° 48 ' 28 " S			Gravidade(mGal)	
S Longitude	38 ° 25 ' 15 " W			Sigma Gravidade(mGal)	
I Fonte	GPS Navegação			Precisão	
R Origem				Datum	
G Datum	SIRGAS2000			Data Medição	
A Data Medição	24/8/2009			Data Cálculo	
S Data Cálculo				Correção Topográfica	
2 Sigma Latitude(m)				Anomalia Bouguer	
0 Sigma Longitude(m)				Anomalia Ar-Livre	
0 UTM(N)	9.579.098			Densidade	
0 UTM(E)	564.307				
MC	-39				

- Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 15/06/2011 - Relatório em <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/relatorioajustamento.pdf>
- Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/03/2006 - Relatório em ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/rel_sirgas2000.pdf
- Ajustamento Planimétrico Global SAD-69 em 15/09/1996 - Relatório em ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/rel_sad69.pdf
- Dados Planimétricos para Fonte carta nas escalas menores ou igual a 1:250000, valores SIRGAS2000 = SAD-69

Localização

No canto noroeste da tampa da cisterna, 40 m aquém do portão do Hotel Porto da Aldeia, na Av. Manoel Mavignier, 400 m além do entroncamento para Porto das Dunas.

Descrição

Chapa de metal, medindo 6 cm de diâmetro, estampada RN 2742 H.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2014).

ANEXO C: RELATÓRIO DA ESTAÇÃO PLANIMÉTRICA 92001



Relatório de Estação Geodésica

Estação :	92001	Nome da Estação :	92001	Tipo :	Estação Planimétrica GPS
Município :	EUSÉBIO			UF :	CE
Última Visita :	15/4/1997	Situação Marco Principal :	Bom		
Conexões :	EP : 10196 RN : 9523S				

DADOS PLANIMÉTRICOS			DADOS ALTIMÉTRICOS			DADOS GRAVIMÉTRICOS		
Latitude	03 ° 48 ' 56,2218 " S	Altitude Ortométrica(m)	59,6618	Gravidade(mGal)				
Longitude	38 ° 25 ' 31,3211 " W	Fonte	Nivelamento Geométrico	Sigma Gravidade(mGal)				
Fonte	GPS Geodésico	Sigma Altitude (m)	0,09	Precisão				
Origem	Ajustada	Datum	Imbituba	Datum				
S Datum	SAD-69	Data Medição	19/2/1987	Data Medição				
A Data Medição	15/3/1993	Data Cálculo	15/8/2011	Data Cálculo				
D Data Cálculo	15/9/1996			Correção Topográfica				
6 Sigma Latitude(m)	0,047			Anomalia Bouguer				
9 Sigma Longitude(m)	0,089	Altitude Ortométrica(m)	59,79	Anomalia Ar-Livre				
UTM(N)	9.578.230,660	Altitude Geométrica(m)	80,49	Densidade				
UTM(E)	563.802,775	Sigma Altitude Geométrica(m)						
MC	-39	Fonte	GPS Geodésico					
		Data Medição	15/3/1993					
		Data Cálculo	28/8/2010					
		Modelo Geoidal	MAPGEO2010					
Latitude	03 ° 48 ' 57,5858 " S	Altitude Ortométrica(m)	59,77	Gravidade(mGal)				
S Longitude	38 ° 25 ' 32,5748 " W	Altitude Geométrica(m)	50,96	Sigma Gravidade(mGal)				
I Fonte	GPS Geodésico	Fonte	GPS Geodésico	Precisão				
R Origem	Ajustada	Data Medição	15/3/1993	Datum				
G Datum	SIRGAS2000	Data Cálculo	28/8/2010	Data Medição				
A Data Medição	15/3/1993	Sigma Altitude Geométrica(m)	0,117	Data Cálculo				
S Data Cálculo	23/11/2004	Modelo Geoidal	MAPGEO2010	Correção Topográfica				
2 Sigma Latitude(m)	0,037			Anomalia Bouguer				
0 Sigma Longitude(m)	0,040			Anomalia Ar-Livre				
0 UTM(N)	9.578.190,255			Densidade				
0 UTM(E)	563.763,849							
MC	-39							

- Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 15/05/2011 - Relatório em <ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/relatorioajustamento.pdf>
- Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/03/2005 - Relatório em ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/rel_sirgas2000.pdf
- Ajustamento Planimétrico Global SAD-69 em 15/09/1996 - Relatório em ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/rel_sad69.pdf
- Dados Planimétricos para Fonte carta nas escalas menores ou igual a 1:250000, valores SIRGAS2000 = SAD-69

Localização

Na parte mais alta de uma elevação conhecida por Serrote do Cararu, distante, em linha reta, cerca de 8 km da igreja da localidade de Messejana, na direção nordeste.

Descrição

Bloco quadrangular de concreto, com 25 cm de lado, quase rente ao solo. Possui uma chapa, estampada: SA-24-1025-1988. Os marcos de referência A, B são cilindros de concreto. Possuem chapas, estampadas: MR-A e MR-B, respectivamente. O marco de azimute é uma chapa cravada na calçada da Escola Municipal de Cararu.

Itinerário

Partir do local conhecido por Seis Bocas, confluência da Av. Oliveira Paiva com Av. Perimetral, e seguir pela estrada na direção de Messejana; com 1,4 km, junto a um posto de gasolina, entrar à esquerda e seguir pela estrada da COFECO; com 7,9 km, deixar a estrada, entrar à direita e seguir para a pedreira da EMPEL; com 8,8 km, passar pelo escritório da EMPEL e começar a subir o morro, na direção da residência do engenheiro Orlando Carneiro de Siqueira, proprietário da pedreira; com 8,8 km e a 1,70 m a leste da beirada oeste da Escarpa do Serrote e 23,40 m a sudoeste do canto SO do campo de futebol junto a casa do engenheiro Orlando, local da estação.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2014).

ANEXO D: RELATÓRIO DA ESTAÇÃO CEUU DA RBMC



RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS
Relatório de Informação de Estação
CEEU - Eusébio

0. Formulário

Preparado por: Centro de Controle Eng. Kátia Duarte Pereira - RBMC
Data: 02/03/2008
Atualização: 20/03/2013 - Atualização de Firmware

1. Identificação da estação GPS

Nome da Estação: EUSÉBIO
Ident. da Estação: CEEU
Inscrição no Monumento: Não há inscrição
Código Internacional: [92450](#)
Informações Adicionais: -

2. Informação sobre a localização

Cidade: Eusébio
Estado: Ceará

Informações Adicionais: Pilar de concreto medindo 1,30 m de altura por 0,30 m de diâmetro, sobre base quadrangular, tendo no topo um dispositivo de centragem forçada e uma chapa padrão IBGE fixada no pilar estampada SAT 92450. Na laje do terraço do edifício localizado nas dependências do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

3. Coordenadas oficiais

3.1. SIRGAS2000 (Época 2000.4)

Coordenadas Geodésicas		
Latitude:	- 03° 52' 39,1757"	Sigma: 0,001 m
Longitude:	- 38° 25' 31,9461"	Sigma: 0,001 m
Alt. Elip.:	21,75 m	Sigma: 0,007 m
Alt. Orto.:	30,49 m	Fonte: GPS/MAPGEO2010
Coordenadas Cartesianas		
X:	4.985.392,763 m	Sigma: 0,005 m
Y:	-3.954.993,281 m	Sigma: 0,004 m
Z:	-428.437,967 m	Sigma: 0,001 m
Coordenadas Planas (UTM)		
UTM (N):	9.571.388,185 m	
UTM (E):	563.778,864 m	
MC:	-39	

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2014).

ANEXO E: RELATÓRIO DA ESTAÇÃO CEFT DA RBMC



RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS
Relatório de Informação de Estação
CEFT - Fortaleza

0. Formulário

Preparado por: Centro de Controle Eng. Kátia Duarte Pereira - RBMC
Data: 01/01/2010
Atualização: 17/09/2013 - Troca de equipamento

1. Identificação da estação GPS

Nome da Estação: FORTALEZA(PORTO)
Ident. da Estação: CEFT
Inscrição no Monumento: SAT 92448
Código Internacional: [92448](#)
Informações Adicionais: -

2. Informação sobre a localização

Cidade: Fortaleza

Estado: Ceará

Informações Adicionais: Pilar de concreto cilíndrico medindo 1,40 m de altura por 0,25 m de diâmetro, sobre uma plataforma retangular de 0,60 m x 0,60 m x 0,40 m da laje. Possui no topo um pino de centragem forçada e uma chapa de metal fixada na lateral, estampada: SAT 92448. Na laje superior da Guarda Portuária, Companhia Docas do Ceará, 120 m LESTE da Beira Mar e 800 m SW do Marégrafo, no canto SW do referido prédio.

3. Coordenadas oficiais

3.1. SIRGAS2000 (Época 2000.4)

Coordenadas Geodésicas		
Latitude:	- 03° 42' 38,9222"	Sigma: 0,002 m
Longitude:	- 38° 28' 22,5043"	Sigma: 0,002 m
Alt. Elip.:	4,91 m	Sigma: 0,013 m
Alt. Orto.:	13,89 m	Fonte: GPS/MAPGEO2010
Coordenadas Cartesianas		
X:	4.983.062,756 m	Sigma: 0,010 m
Y:	-3.959.862,902 m	Sigma: 0,008 m
Z:	-410.039,590 m	Sigma: 0,001 m
Coordenadas Planas (UTM)		
UTM (N):	9.589.820,631 m	
UTM (E):	558.529,724 m	
MC:	-39	

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2014).