

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CARTOGRÁFICA

Maurício Kenji Yamawaki

**CONTROLE VERTICAL DE MARÉGRAFO EM TRAMANDAÍ (RS) -
REDE ALTIMÉTRICA LOCAL PARA APOIO AO MONITORAMENTO
DO NÍVEL DO MAR**

Porto Alegre
Julho de 2018

Maurício Kenji Yamawaki

**CONTROLE VERTICAL DE MARÉGRAFO EM TRAMANDAÍ (RS) -
REDE ALTIMÉTRICA LOCAL PARA APOIO AO MONITORAMENTO
DO NÍVEL DO MAR**

Monografia apresentada como requisito parcial
para Conclusão de Trabalho de Conclusão de
Curso de Graduação em Engenharia
Cartográfica.

Porto Alegre
Julho de 2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço minha família, especialmente meus pais, Sueli Akemi Yamawaki e Macahiti Yamaguti Yamawaki, sempre colocando o futuro dos filhos à frente de tudo.

À minha amada companheira, Karen Tiemi Inoue, compartilhando os melhores e piores momentos.

Aos colegas de curso, sendo a melhor companhia para esta jornada.

Aos colegas de trabalho pelo total apoio.

Ao meu orientador Felipe Nievinski pela paciência e atenção ao orientar este trabalho.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo a determinação de rede altimétrica local para controle vertical do marégrafo instalado na plataforma marítima em Tramandaí (RS). Para a medição da rede foram aplicadas técnicas de levantamentos topográficos e geodésicos, como nivelamento geométrico e rastreamento por GNSS. Também foram aplicados cálculos de ajustamentos por mínimos quadrados e suas extensões, de forma a prever a precisão e a confiabilidade das coordenadas dos vértices da rede com base em vários circuitos de nivelamento. Antes das medições e cálculos, foram feitas pesquisas preliminares, incluindo levantamento de informações complementares e reconhecimento de campo, como forma de garantir o sucesso do projeto. Foram consultados órgãos como IBGE, Exército e Prefeituras, onde foram obtidas informações relevantes para o planejamento do projeto. Posterior ao trabalho de campo, foi realizado o processamento de dados: para o nivelamento geométrico, foi implementado software próprio (em linguagem Matlab/Octave); já para os dados GNSS, foi utilizado software comercial (Topcon Tools). O controle de qualidade das coordenadas produzidas foi feito de forma interna (teste individual e global) e externa (levantamentos independentes). Concluindo todas as etapas, foram produzidos produtos cartográficos (planta e perfil), bem como um banco de dados com as informações geradas neste projeto. Assim, a rede altimétrica local cumpriu seu objetivo, de oferecer apoio topográfico/geodésico a futuros estudos e trabalhos de maregrafia na região.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ressaca do mar em Tramandaí.....	10
Figura 2 - Localização do município de Tramandaí.....	11
Figura 3 - Imagem de satélite da plataforma de tramandaí	12
Figura 4 - Imagem aérea da plataforma	12
Figura 5 - Estação oceanográfica da FURG	13
Figura 6 – Estações da RBMC distribuídas pelo país	15
Figura 7 - Nivelamento geométrico	16
Figura 8 - Erro de leitura	18
Figura 9 - Erro de nivelamento.....	19
Figura 10 - Fluxograma do projeto.....	26
Figura 11 - Planta preliminar dos elementos da área de estudo	28
Figura 12 - Localização de RNs do IBGE.....	29
Figura 13 - Localização da RN da SPH.....	30
Figura 14 - Trecho da carta náutica da região de Tramandaí.....	31
Figura 15 - RN implantada pelo Exército.....	32
Figura 16 - Estação maregráfica em Imbé	33
Figura 17 - Marco encontrado no terreno da Transpetro.....	34
Figura 18 – Caso 1 do planejamento	35
Figura 19 - Caso 2 do planejamento	37
Figura 20 - Caso 3 do planejamento	39

Figura 21 - Caso 4 do nivelamento	41
Figura 22 - Caso 5 do nivelamento	43
Figura 23 - Plaqueta instalada próxima ao marégrafo.....	45
Figura 24 - Plaqueta metálica dos vértices	46
Figura 25 - Localização dos vértices materializados	46
Figura 26 - Distâncias dos pontos da RBMC ao local de estudo.....	47
Figura 27 - Tempo de rastreamento sugerido pelo IBGE	48
Figura 28 - Receptor GNSS topcon GR3	48
Figura 29 - Levantamento GNSS da base localizada no CECLIMAR.....	49
Figura 30 - Nivelamento realizado	50
Figura 31 - Linhas base do pós-processamento GNSS da base.....	52
Figura 32 - Linhas base do processamento dos vértices da rede altimétrica local	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Confiabilidade interna do caso 1	36
Tabela 2 - Confiabilidade externa do caso 1	36
Tabela 3 - Confiabilidade externa do caso 1	37
Tabela 4 - Confiabilidade interna do caso 2	38
Tabela 5 - Confiabilidade externa do caso 2	38
Tabela 6 - Confiabilidade externa para o caso 2	39
Tabela 7 - Confiabilidade externa para o caso 3	40
Tabela 8 - Confiabilidade externa para o caso 3	40
Tabela 9 - Confiabilidade interna para o caso 4	42
Tabela 10 - Confiabilidade externa para o caso 4	42
Tabela 11 - Confiabilidade interna para o caso 5	43
Tabela 12 - Confiabilidade externa para o caso 5	44
Tabela 13 - Processamento da base CECLIMAR em relação a cada estação da RBMC.....	52
Tabela 14 - Coordenadas planimétricas da rede.....	54
Tabela 15 - Precisão das coordenadas obtidas com GNSS.....	55
Tabela 16 - Coordenada vertical da rede obtida por GNSS	55
Tabela 17 - Coordenada vertical da rede obtida por nivelamento geométrico	55
Tabela 18 - Resíduo das observações.....	56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Área de Estudo	11
1.2	Objetivos.....	13
2	REVISÃO TEÓRICA	14
2.1	Referencial Altimétrico Brasileiro	14
2.2	Sistemas de Navegação Global por Satélites (GNSS)	14
2.2.1	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo GNSS (RBMC).....	14
2.2.2	Método Relativo Estático	15
2.3	Nivelamento Geométrico.....	16
2.3.1	Incerteza Devido a Erros Aleatórios no Nivelamento Geométrico	16
2.4	Ajustamento de Observações	19
2.4.1	Método dos Mínimos Quadrados (MMQ)	19
2.4.2	MMQ Paramétrico.....	19
2.5	MMQ Paramétrico Aplicado ao Nivelamento Geométrico.....	21
2.6	Teste de Qualidade do Ajustamento	21
2.6.1	Resíduos das Observações	21
2.6.2	Variância a posteriori das observações	22
2.6.3	Teste Global	22
2.6.4	Teste Individual (Data Snooping).....	23
2.7	Confiabilidade	24
2.7.1	Confiabilidade Interna.....	24
2.7.2	Confiabilidade Externa.....	24
3	DESENVOLVIMENTO	26
3.1	Fluxograma.....	26

3.2 Cronograma.....	27
3.3 Estudos Preliminares	27
3.3.1 Produção de Planta Preliminar da Área de Estudo	27
3.3.2 Análise das Referências de Nível Próximos à Área de Estudo	29
3.3.3 Análise da Carta Náutica da Região	30
3.3.4 Estudo de Elementos de Logística.....	31
3.4 Reconhecimento de Campo.....	31
3.5 Planejamento do Circuito de Nivelamento Geométrico	35
3.5.1 Caso 1	35
3.5.2 Caso 2.....	37
3.5.3 Caso 3.....	39
3.5.4 Caso 4.....	41
3.5.5 Caso 5.....	42
3.5.6 Conclusão dos Testes de Planejamento.....	44
3.6 Materialização da Rede Altimétrica Local	45
3.7 Levantamento GNSS	46
3.8 Nivelamento Geométrico.....	49
3.9 Processamento de Dados.....	51
3.9.1 Processamento dos Dados GNSS.....	51
3.9.2 Processamento do Nivelamento Geométrico	53
4 RESULTADOS OBTIDOS.....	54
4.1 Coordenadas Planimétricas	54
4.2 Coordenadas Altimétricas	55
4.3 Controle de Qualidade	56
4.3.1 Teste Individual	57
4.3.2 Teste Global	57
5 CONCLUSÕES.....	58

5.1 Trabalhos Futuros.....	58
6 TABELA DE CUSTOS.....	59
REFERÊNCIAS	60
APÊNDICE	62

1 INTRODUÇÃO

A determinação do nível médio dos mares é um dos maiores desafios para geociências. Na Geodésia, medições maregráficas servem como Datum vertical para todo o território nacional. Na Oceanografia, estas informações ajudam a compor as variáveis necessárias para produção de planejamento urbano e a delimitação de áreas de risco em regiões costeiras, assim evitando estragos como apresentados na Figura 1. Ao longo de toda a costa brasileira bem como no litoral do Rio Grande do Sul (RS), há um déficit de séries temporais longas de dados observacionais de ondas (ANDRADE et al., 2014).



Figura 1 - Ressaca do mar em Tramandaí
Fonte: <http://correiodopovo.com.br> (2016)

Este trabalho visa manter a continuidade das observações maregráficas, produzindo rede altimétrica local para fornecimento de referencial vertical para medições presentes e futuras na Plataforma Marítima construída para pesca no município de Tramandaí (RS).

Para estudos envolvendo maregrafia, há a necessidade de trabalhar com informações históricas para produção dos variados estudos envolvendo comportamentos climáticos regionais. Considerando a vulnerabilidade das estações maregráficas a possível recalque da estrutura de concreto, bem como subsidência e soerguimento regionais, foi vista a necessidade de preservar o referencial altimétrico utilizado nas medições até então através do transporte deste referencial para marco mais seguro.

A plataforma de pesca foi escolhida para este trabalho por haver possibilidade de medição por método direto através de réguas linimétricas e possuir estação maregráfica automatizada, equipada com sensor do tipo RADAR, instalado pelo Instituto Oceanográfico da FURG como parte do Sistema de Monitoramento da Costa Brasileira (SiMCosta), bem como futuro sensor ultrassônico a ser instalado pelo Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (CECO) da UFRGS. Além disso, projetos em andamento no departamento de

Geodésia da UFRGS pretendem instalar receptor/antena GNSS geodésicos para controle vertical de movimentos do marégrafo. Tudo isso necessita de interligação altimétrica de precisão.

1.1 Área de Estudo

Este trabalho foi realizado no município de Tramandaí, localizado no litoral norte do estado do Rio Grande do Sul, a aproximadamente 120 km da capital, Porto Alegre. A figura 2 apresenta a localização do município de Tramandaí, enquanto a Figura 3 e 4 detalham a plataforma marítima, e a Figura 5 mostra em detalhe a estação maregráfica instalada ao seu centro.



Figura 2 - Localização do município de Tramandaí
Fonte: O Autor (2018)



Figura 3 - Imagem de satélite da plataforma de tramandai
Fonte: O Autor

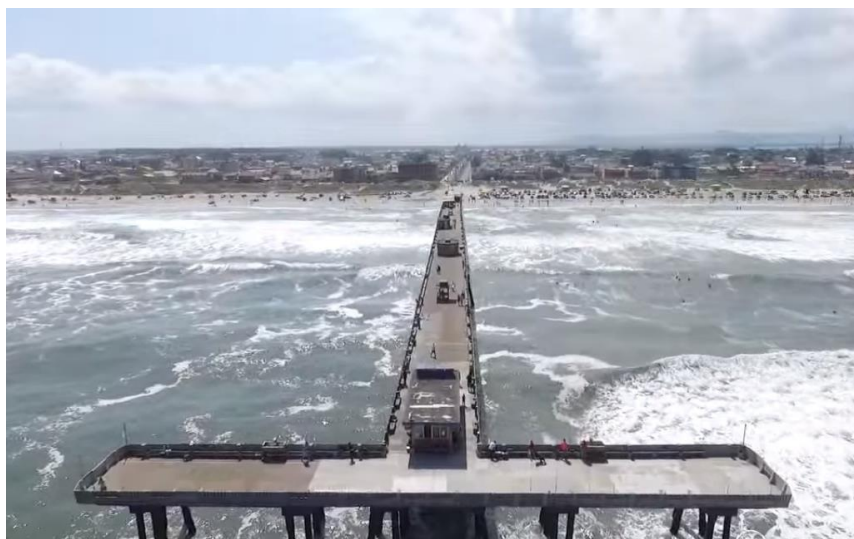


Figura 4 - Imagem aérea da plataforma
Fonte: www.youtube.com (2015), usuário: Fernando Pitol

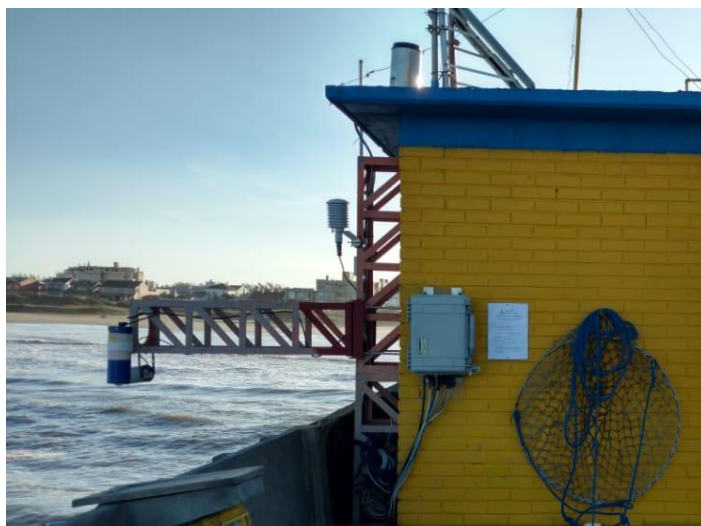


Figura 5 - Estação oceanográfica da FURG
Fonte: O Autor

1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho contempla a determinação de rede altimétrica local e instalação de demais elementos estruturais que possibilitam o desenvolvimento do estudo de medição maregráfica na região. Dentre os pontos principais a serem alcançados estão os seguintes itens:

- Determinação de rede altimétrica local, composta por dois ou mais vértices, próxima ao local de trabalho, com coordenada geodésica devidamente levantada, Datum vertical e qualidade posicional definida.
- Instalação de plaqueta no local onde serão realizadas as medições maregráficas e determinação de suas coordenadas.
- Nivelamento geométrico para determinação de coordenadas verticais dos elementos da rede altimétrica local.
- Possível instalação de réguas linimétricas em locais relevantes para o estudo, possibilitando análise do nível mareográfico por levantamento direto.
- Controle de qualidade da rede altimétrica local e demais elementos determinados neste projeto que fazem parte do apoio à medição maregráfica.
- Produção de memorial descritivo dos marcos instalados para rede altimétrica local. Contemplando todos os elementos necessários para utilização futura desta base.
- Produção de relatório geral do projeto, contemplando etapas do trabalho e descrição das atividades realizadas para gerar o produto final.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 Referencial Altimétrico Brasileiro

De acordo com o IBGE:

“A Rede Altimétrica de Alta Precisão (RAAP) é a estrutura de referência vertical do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), com mais de 65 mil estações altimétricas (denominadas RN = Referências de Nível) implantadas em todo o país”

Atualmente, grande parte da RAAP está referida ao Datum do marégrafo de Imbituba, isto é, ao nível médio do mar no Porto de Imbituba (SC) (IBGE, 2018), sendo este o referencial altimétrico oficial brasileiro.

2.2 Sistemas de Navegação Global por Satélites (GNSS)

Os sistemas de navegação e posicionamento baseado na medição de distâncias a partir de constelações de satélites artificiais foram iniciados pelos sistemas GPS (Global Positioning System) em 1970 e GLONASS (Globoanaya navigatsionnaya sputnikovaya sistema) em 1990. Posteriormente, foram desenvolvidos outros sistemas de navegação por satélite como Beidou/Compass, de acordo com MONICO (2008), de forma geral, esses sistemas têm sido chamados de GNSS (Global Navigation Satellite System).

2.2.1 Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo GNSS (RBMC)

RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS) trata-se do conjunto de estações geodésicas, equipadas com receptores GNSS de alto desempenho, que proporcionam, uma vez por dia ou em tempo real, observações para a determinação de coordenadas (IBGE, 2017).

de estação de referência ou estação base. No caso do método relativo estático, os dois receptores devem permanecer imóveis por um tempo que varia de 20 minutos até muitas horas.”

2.3 Nivelamento Geométrico

Método de nivelamento que é realizado através de visadas horizontais com uso de nível topográfico e mira vertical graduada, devido sua simplicidade, é a técnica de maior precisão para levantamentos altimétricos locais. Consiste na medição de desníveis entre pontos para realização de transporte de coordenada altimétrica através de lances de nivelamento.

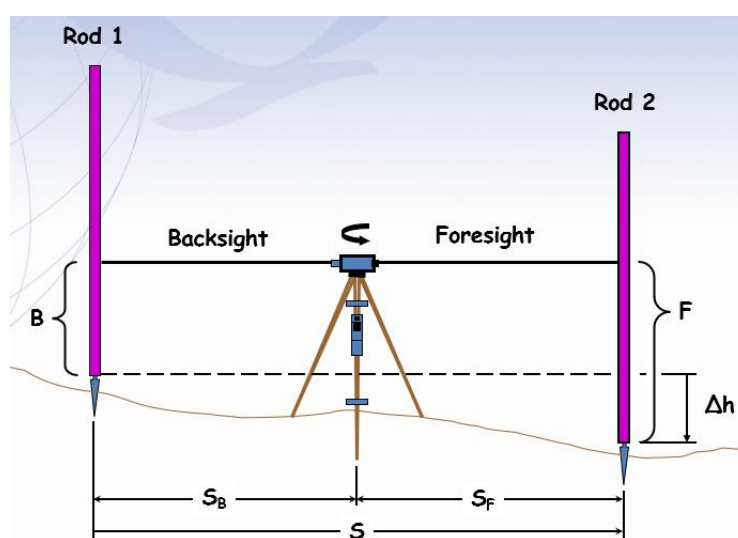


Figura 7 - Nivelamento geométrico
Fonte: www.ngs.noaa.gov

2.3.1 Incerteza Devido a Erros Aleatórios no Nivelamento Geométrico

De acordo com OGUNDARE (2016), os erros internos no procedimento de nivelamento são devidos ao tipo de instrumento de nivelamento e régua utilizadas. Os maiores erros associados aos instrumentos de nivelamento e régua são os seguintes:

- Erro de pontaria
- Erro de leitura
- Erro de nivelamento do equipamento
- Erro de colimação do nível
- Erro de escala da régua
- Erro de indexação da régua

Além dos erros aqui descritos, é possível a utilização da incerteza de medição descrita nos manuais do equipamento, que descreve incerteza em função da distância horizontal da medida, dada pela relação:

$$\sigma = C + d\sqrt{K}$$

Onde:

σ : Desvio-padrão da observação;

C : Fator constante da precisão;

d : Fator multiplicador da distância;

K : Distância da observação em km;

Dentre estes erros, para este trabalho, foram considerados os seguintes erros de nivelamento:

2.3.1.1 Erro de pontaria

Erro de pontaria é provocado pelas alterações nas medidas provocadas pelas condições atmosféricas e o aumento da imagem causada pelo conjunto de lentes do equipamento. Para condições típicas de temperatura e pressão, o erro de pontaria é descrito pela equação:

$$\sigma_p = \frac{C}{M} S$$

Sendo:

S : Distância horizontal da visada;

C : Constante que varia de 0,14544 rad a 0,29089 rad;

M : Valor de aumento da imagem produzidos pelas lentes do instrumento;

2.3.1.2 Erro de nivelamento da régua

Os efeitos da não verticalidade da régua, em nivelamentos geométricos, são descritos através da equação:

$$\sigma_r \cong \frac{l}{2} (v_r)^2$$

Sendo:

v_r'' : Precisão do nível de bolha na régua em radianos;

l : Altura medida na régua;

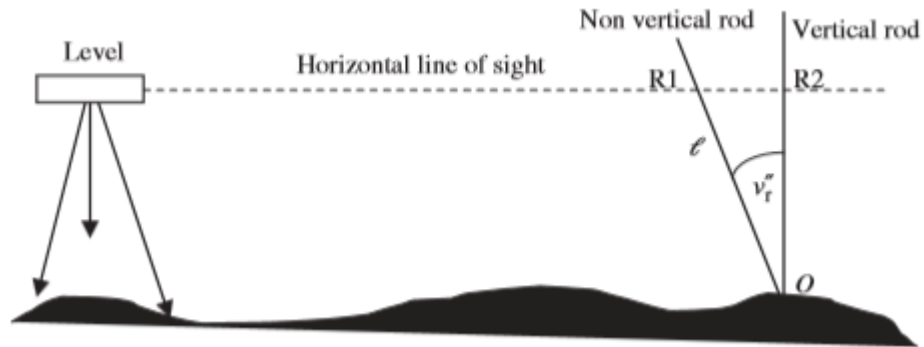


Figura 8 - Erro de leitura
Fonte: Ogundare (2016)

2.3.1.3 Erro de nivelamento do instrumento

O erro de nivelamento é causado pela sensibilidade do nível de bolha no instrumento. No caso do nível utilizado neste trabalho, foi considerada a precisão do compensador do instrumento. O efeito da incerteza do nivelamento do instrumento é representado pela equação:

$$\sigma_L = 0,2 v_r S$$

Sendo:

S : Distância horizontal do equipamento de medição à régua;

v_r : Incerteza de nivelamento do instrumento em radianos;

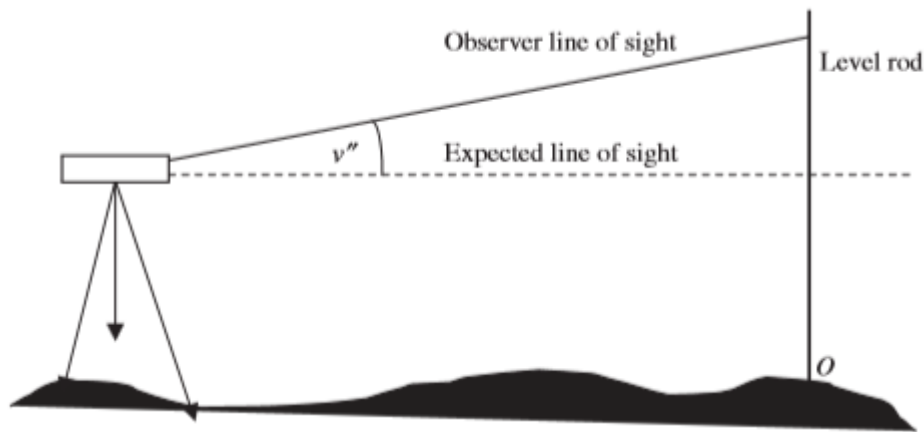


Figura 9 - Erro de nivelamento
Fonte: Ogundare (2016)

2.4 Ajustamento de Observações

De acordo com GEMAEL (1994), “as observações conduzidas pelo homem se caracterizam pela inevitável presença de erros de medida. (...) A desconfiança no resultado de uma medida isolada, fruto da certeza da falibilidade humana, leva naturalmente à multiplicação das observações”, assim surgindo o problema da superabundância de observações. O ajustamento de observações determina solução única para este conjunto de amostras e estima sua precisão.

2.4.1 Método dos Mínimos Quadrados (MMQ)

Considerando um simples caso de se obter uma grandeza X . Na impossibilidade de obtermos um verdadeiro valor de X nos contentamos com uma estimativa na qual possamos confiar (GEMAEL, 1994). Comparando as medidas ajustadas com as medidas originais, tem-se resíduos, que no ajustamento de observações devem ser distribuídos uniformemente. O Método dos Mínimos Quadrados (MMQ) estima o valor de X que resulta no menor somatório dos quadrados dos resíduos.

2.4.2 MMQ Paramétrico

Método de ajustamento de observações que, de acordo com GEMAEL (1994) é válido quando “(...) os valores observados ajustados podem ser expressos explicitamente como uma função de parâmetros ajustados”. Quando o seguinte modelo matemático é verdadeiro, pode-se dizer que o ajustamento pode ser realizado por método paramétrico.

$$F(X_a) = L_a$$

Sendo:

- $F(X_a)$: Modelo matemático em função dos parâmetros ajustados.
- X_a : Parâmetros ajustados.
- L_a : Observações ajustadas.

Para solução do MMQ pelo método paramétrico, deve ser calculado a seguinte fórmula:

$$X = C_X U$$

Sendo que os valores de C_X e U podem ser obtidos pelas funções:

$$C_X = (A^T P A)^{-1}$$

$$U = A^T P L$$

Onde:

- C_X : Matriz variância covariância dos parâmetros;
- U : Vetor normal;
- X : Vetor de parâmetros calculados;
- A : Matriz jacobiana;
- P : Matriz peso das observações;
- L : Vetor de observações;

Salientando que C_X , calculada durante o ajustamento, equivale à matriz variância covariância (MVC) dos parâmetros obtidos, assim sendo possível, com a raiz quadrada das variâncias determinar a precisão destes parâmetros.

Para obtenção da matriz jacobiana A , deve-se aplicar a derivada parcial de todas as equações do sistema linear em função de cada parâmetro, resultando em uma matriz do seguinte formato:

$$A = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_{a1}} & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial x_{a(u-1)}} & \frac{\partial f_1}{\partial x_{au}} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_{a1}} & \dots & \frac{\partial f_2}{\partial x_{a(u-1)}} & \frac{\partial f_2}{\partial x_{au}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_n}{\partial x_{a1}} & \dots & \frac{\partial f_n}{\partial x_{a(u-1)}} & \frac{\partial f_n}{\partial x_{au}} \end{bmatrix}$$

2.5 MMQ Paramétrico Aplicado ao Nivelamento Geométrico

Para ajustamentos realizados em nivelamentos geométricos, deve ser considerado o seguinte modelo matemático:

$$H_V - H_R = L_i$$

Onde:

H_V : Altitude do vértice chegada

H_R : Altitude do vértice de partida

L_i : Desnível medido entre vértices de chegada e partida

Para determinação do vetor de observações, basta organizar as medidas de desnível das sessões de nivelamento na mesma ordem utilizada para o conjunto de equações do sistema linear.

Já que as observações em nivelamento geométrico são independentes entre si, para construção da matriz peso das observações (P), deve ser calculado o desvio-padrão esperado em cada desnível, considerando as variáveis que afetam a precisão de cada seção de nivelamento.

2.6 Teste de Qualidade do Ajustamento

2.6.1 Resíduos das Observações

Discrepância observada entre observações e observações ajustadas ao realizar ajustamento de observações. Para determinação do vetor de resíduos V , deve ser calculado o vetor de observações ajustadas, que, no caso aplicado neste trabalho pode ser encontrada pela fórmula:

$$L_a = A X$$

E então possibilitando obter o vetor de resíduos da forma:

$$V = L - L_a$$

Onde:

- V : Vetor dos resíduos;
- L_a : Vetor de observações ajustadas;
- L : Vetor de observações;
- A : Matriz jacobiana;
- X : Vetor dos parâmetros calculados;

Obter o vetor dos resíduos possibilita analisar a existência de observações discrepantes e realização de outras análises descritas a seguir.

2.6.2 Variância a posteriori das observações

Com o vetor dos resíduos determinado, é possível determinar a variância posteriori das observações, que é encontrada com a fórmula:

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{V^T P V}{n - u}$$

Onde:

- $\hat{\sigma}_0^2$: Variância posteriori das observações;
- n : Número de observações;
- u : Número de parâmetros;
- V : Vetor dos resíduos;
- P : Matriz peso das observações;

2.6.3 Teste Global

Teste estatístico do ajustamento de observações em que é realizada a análise de relação entre variância priori (σ_0^2) e variância posteriori ($\hat{\sigma}_0^2$). A comparação entre os valores de σ_0^2 e $\hat{\sigma}_0^2$ pode ser um indicador da qualidade do ajustamento (MATSUOKA, 2008). Para análise da discrepância entre as variâncias, é aplicado teste de hipótese baseado na

distribuição qui quadrado para verificar a significância do ajustamento em um certo nível de confiança.

Portando, deve-se trabalhar com duas hipóteses:

1. Variância posteriori e variância priori estatisticamente iguais;

$$H_0: \sigma_0^2 = \hat{\sigma}_0^2$$

2. Variância posteriori e variância priori diferentes;

$$H_a: \sigma_0^2 \neq \hat{\sigma}_0^2$$

Para testar se a hipótese nula é rejeitada ou não, a um nível de significância α , compara-se o valor calculado por:

$$T = \left(\frac{\sigma_0^2}{\hat{\sigma}_0^2} \right) (n - u) = \frac{V^T P V}{\sigma_0^2}$$

Com o valor teórico da distribuição $\chi_{n-u, \alpha}^2$ (MATSUOKA, 2008)

Sendo:

- n : Número de observações;
- u : número de parâmetros;
- V : Vetor dos resíduos das observações;
- P : Matriz peso das observações;

A hipótese nula é rejeitada se:

$$T < \chi_{n-u, \alpha}^2$$

2.6.4 Teste Individual (Data Snooping)

Neste teste é previsto a existência de apenas uma observação anômala (erro grosseiro ou outlier) nas observações. A identificação do outlier está baseada no cálculo da equação:

$$W_{lb(i)} = \frac{c_{lb(i)}^T P V}{\left(c_{lb(i)}^T P \Sigma_V P c_{lb(i)} \right)^{\frac{1}{2}}}$$

Onde:

- P : Matriz peso das observações;
- Σ_V : Matriz variância-covariância dos resíduos;
- $c_{lb(i)}$: Vetor unitário n -dimensional, com valor não-zero apenas na i -ésima linha a ser testada;

2.7 Confiabilidade

Deve-se levar em consideração que, ao calcular precisão em um ajustamento, está se controlando os erros aleatórios de uma dada amostra, enquanto a confiabilidade, está relacionada ao controle dos erros grosseiros destas observações.

2.7.1 Confiabilidade Interna

A confiabilidade interna permite determinar a dimensão do menor erro detectável para cada observação do ajustamento em determinado grau de confiabilidade.

$$|\nabla_{lb(i)}| = \sqrt{\frac{\lambda_0}{c_{lb(i)}^T \Sigma_{Lb}^{-1} \Sigma_V \Sigma_{Lb}^{-1} c_{lb(i)}}$$

Onde:

- λ_0 : Parâmetro de não centralidade da distribuição de probabilidade;
- $c_{lb(i)}$: Vetor unitário n -dimensional, com valor não-zero apenas na i -ésima linha a ser testada;
- Σ_V : MVC dos resíduos
- Σ_{Lb} : Precisão das observações
- $\nabla_{lb(i)}$: Valor de confiabilidade interna;

Para aplicações neste trabalho, foram utilizados valores usuais de referência para $\lambda_0 = 17,075$, que está associada a valores de $\alpha_0 = 0,001$ e $\gamma = 80\%$ (MATSUOKA, 2008). Sendo α_0 o nível de significância do teste de hipótese e γ o poder do teste de hipótese.

2.7.2 Confiabilidade Externa

De acordo com (MATSUOKA, 2008) " $\nabla X_{(i)}$ é o vetor de dimensão ($ux1$) que descreve o erro esperado nos parâmetros causados pelo possível modelo de erro (∇Lb) não detectado no teste estatístico", podendo ser expressado pela equação:

$$\nabla X_{(i)} = (A^T P A)^{-1} [A^T P (c_{lb(i)} \nabla_{lb(i)})]$$

Onde:

- $c_{lb(i)}$: Vetor unitário n-dimensional, com valor não-zero apenas na i-ésima linha a ser testada;
- P : Matriz peso das observações;
- A : Matriz jacobiana;
- $\nabla_{lb(i)}$: Valor de confiabilidade interna;
- $\nabla X_{(i)}$: Confiabilidade externa;

Para cada possível observação contaminada com erro grosseiro, é gerado um novo vetor de confiabilidade externa. Para considerar o pior caso, calcula-se a maior confiabilidade externa em cada parâmetro.

3 . DESENVOLVIMENTO

3.1 Fluxograma

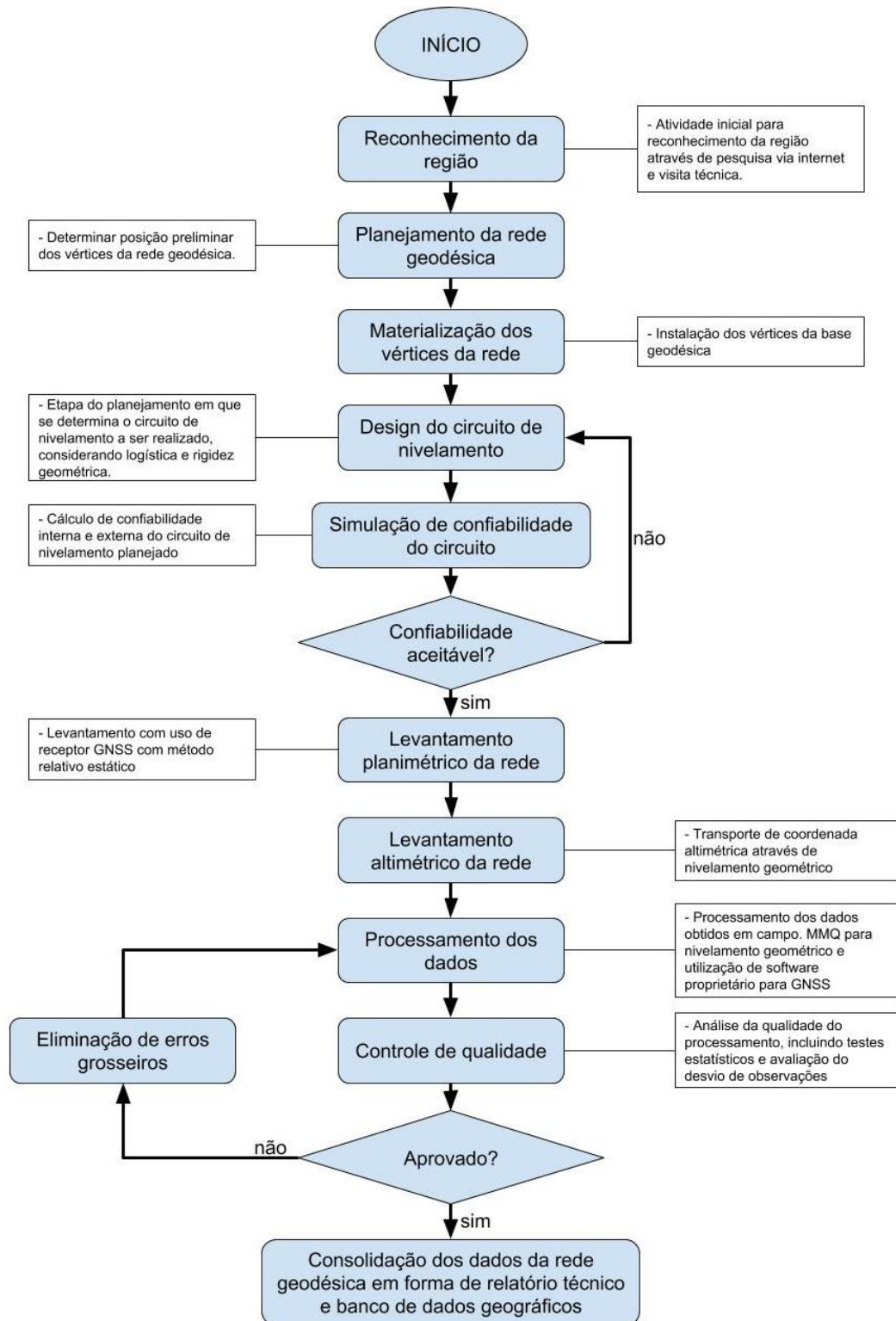


Figura 10 - Fluxograma do projeto
Fonte: O Autor

3.2 Cronograma

O cronograma de atividades contempla o intervalo entre janeiro a junho, atribuindo etapas a cada quinzena até o fim do projeto.

ATIVIDADE	JAN/01	JAN/02	FEV/01	FEV/02	MAR/01	MAR/02	ABR/01	ABR/02	MAI/01	MAI/02	JUN/01
Discussão teórica e determinação de metodologias											
Reconhecimento da região											
Planejamento											
Materialização da rede											
Levantamento de campo											
Processamento de dados											
Controle de qualidade do produto											
Memorial descritivo dos marcos											
Produção da monografia do projeto											

3.3 Estudos Preliminares

Para o planejamento inicial, foram realizados estudos preliminares da região a ser estudada, observando elementos de logística e elementos pré-existent na região que possam auxiliar trabalhos futuros em campo.

3.3.1 Produção de Planta Preliminar da Área de Estudo

Para melhor visualização dos elementos em campo, e registro da dimensão e coordenada de variados elementos a serem observados em campo, foi produzido uma planta preliminar da área de estudo.



Figura 11 - Planta preliminar dos elementos da área de estudo
 Fonte: O Autor

3.3.2 Análise das Referências de Nível Próximos à Área de Estudo

Para determinação da coordenada vertical dos elementos da rede altimétrica local foi realizado transporte de coordenada vertical por nivelamento geométrico a partir de referencial de nível conhecido. Algumas características do nivelamento geométrico são:

- Necessidade de realizar de diversos lances em curtas distâncias para correção dos erros inerentes a esta técnica.
- Diluição da precisão em levantamentos muito longos.

Portanto, foram verificadas diversas referências de nível próximos à região para escolha da melhor opção para o transporte de coordenada. Dentre as referências de nível disponibilizadas no banco de dados geográficos do IBGE, foram observados marcos de RN no município de Osório, a mais de 18 km da área de estudo. A Figura 12 apresenta a ilustração da posição das RNs do IBGE mais próximas à área de estudo.



Figura 12 - Localização de RNs do IBGE
Fonte: O Autor

Consultando demais fontes de dados, foram encontradas referências de nível mais próximas à área de estudo, sendo uma delas situada no município de Imbé, localizada a aproximadamente 3 km da plataforma, situada nas dependências de terreno em litígio, sob domínio da Superintendência de Portos e Hidrovias (SUPRG) (antiga SPH/DEPREC). Porém, esta RN não faz parte da rede altimétrica brasileira. A Figura 13 apresenta a localização da RN em questão.



Figura 13 - Localização da RN da SPH
Fonte: O Autor

3.3.3 Análise da Carta Náutica da Região

Para reconhecimento de elementos que possam favorecer os levantamentos realizados neste trabalho, foi feita análise carta náutica da região, disponibilizada pela Marinha do Brasil, de número 2010 e de título “Proximidades de Tramandaí” (em anexo). Dentre os elementos presentes na carta náutica, pôde ser observado um farol e o oleoduto da Transpetro nas proximidades da área de trabalho, onde foram localizados dois marcos geodésicos.

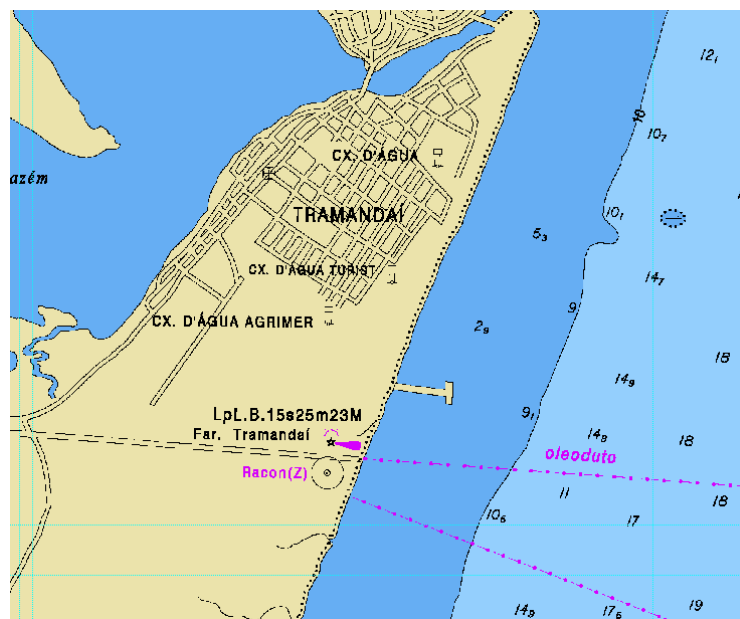


Figura 14 - Trecho da carta náutica da região de Tramandaí
 Fonte: Marinha do Brasil

3.3.4 Estudo de Elementos de Logística

O estudo dos elementos de logística para realização do preparo e planejamento das atividades de campo é parte essencial dos estudos preliminares necessários para se obter bons resultados em campo. Além dos elementos já listados neste projeto, foram estudados itens básicos de logística para planejamento de atividades em campo, como estadias próximas à área de trabalho, ruas, avenidas e acessos relevantes para o trabalho e suas condições, movimento turístico durante as datas do levantamento, previsão do tempo e etc.

3.4 Reconhecimento de Campo

Visando localizar elementos essenciais para determinação da rede altimétrica local, foi realizado levantamento de informações nos departamentos responsáveis pelo acesso da população à dados geográficos locais, como prefeituras, forças armadas e demais entidades relacionadas.

Primeiramente, verificou-se a secretaria de obras da prefeitura da cidade de Imbé, onde foi obtido catálogo contendo memorial dos marcos pertencentes à rede planimétrica local, sem valores de altitude ortométrica ou calculados via MAPGEO, produzida por empresa terceirizada (de nome "Gauss"). Os dados foram fornecidos de forma digital, composto por conjunto de arquivos no formato PDF, apresentando coordenadas planimétricas, altitude elipsoidal e croqui do local do marco.

Já na prefeitura da cidade de Tramandaí, entrando em contato com os representantes do setor de engenharia, pôde ser obtido o memorial descritivo de dois marcos da rede planimétrica da cidade, produzida por empresa terceirizada (GEO CAD), apresentando coordenada planimétrica e altitude elipsoidal, que segundo o responsável pela área, Sr.Bira, em bom estado. Além destes, foi indicado um terceiro marco, aparentemente resultado de nivelamento de precisão pelo antigo Serviço Geográfico do Exército. Consultando a Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) do Exército, foram recebidas diversas coordenadas de RNs documentadas pela região, porém nenhuma delas coincide com a RN encontrada.



Figura 15 - RN implantada pelo Exército
Fonte: O Autor.

Foi realizada saída de campo preliminar com intuito de reconhecer em campo elementos disponíveis para fornecimento de apoio aos levantamentos e avaliar a viabilidade do circuito de nivelamento planejado.

Nesta atividade foi descoberto que a RN nas dependências da SPH tinha sido destruída e a estação maregráfica desativada. Desta forma alterando o escopo deste trabalho, sendo necessário realizar busca de outro referencial de nível para a rede. A Figura 16 apresenta fotografia da estação antes (acima) e depois (abaixo) de ser desativada.



Figura 16 - Estação maregráfica em Imbé
Fonte: O Autor

Durante o reconhecimento de campo, foram encontrados dois marcos geodésicos no terreno pertencente à Transpetro, onde encontra-se o farol de Tramandaí, possibilitando o transporte de coordenada destes marcos à rede. Por se localizarem no interior de terreno cercado, estes marcos fornecem maior segurança para a rede, visto que há a menor probabilidade de ocorrerem obras e vandalismo no local. Em contato com órgão responsável pelos marcos, foram obtidas informações da planta do terreno (em anexo), com informações planimétricas, e apenas valores de altitude geométrica (WGS 84).



Figura 17 - Marco encontrado no terreno da Transpetro
Fonte: O Autor

Foram encontrados dois marcos, materializados na forma de chapas de metal, localizados na plataforma. Os marcos possuem inscrição “CBI”, e indicação “NORTE” para o ponto que encontra-se a norte da porção transversal do fim da plataforma e “SUL” para o que encontra-se na parte sul desta mesma parte da plataforma. Consultando as iniciais CBI no banco de dados do SIGEF (INCRA), foi encontrado como possível responsável pelo levantamento o engenheiro agrimensor Guilherme Couto Salles Victor, o qual não foi contatado. Entretanto, foi possível a aquisição das coordenadas dos marcos através do Prof. Elirio Ernestino Toldo Junior (comunicação pessoal), o qual indicou levantamento GNSS realizado pelo Sr. Felipe Sprovieri. Infelizmente não havia indicação da precisão das coordenadas, mas considerando a dificuldade de se obter precisões milimétricas com GNSS, foi julgado que esses dois marcos não satisfaziam os requisitos de precisão exigidos.

3.5 Planejamento do Circuito de Nivelamento Geométrico

Para planejamento do circuito de nivelamento, necessário para transportar coordenada altimétrica para rede altimétrica local, foram realizados testes para diversos casos possíveis de serem aplicados à rede. É interessante notar que a precisão e a confiabilidade podem ser analisadas antes mesmo de ser executado o levantamento de campo (MATSUOKA, 2008), assim permitindo determinação do melhor circuito de nivelamento geométrico necessário para produção da rede altimétrica local antes da aquisição de dados em campo. Um desafio especial para este caso é que, a rede altimétrica local deve ser linear e prolongada, dificultando a interconexão entre vértices.

Foram estudados 5 casos possíveis de serem aplicados, com uso de valores de desnível arbitrados, resíduo das observações proporcional a $2\text{ mm}\sqrt{K}$, sendo K a distância de cada visada em km, e distância horizontal estimada através da posição planejada dos vértices da rede. Nestes casos, deve-se assumir o ponto V01 como sendo a plaqueta mais próxima ao marégrafo e o ponto V06 como sendo o marco da Transpetro (utilizado como ponto de controle para nivelamento geométrico). Salientando que a rede possui geometria alongada, não havendo a possibilidade de visada direta entre pontos extremos.

3.5.1 Caso 1

Nivelamento e contranivelamento passando por todos os vértices da rede.

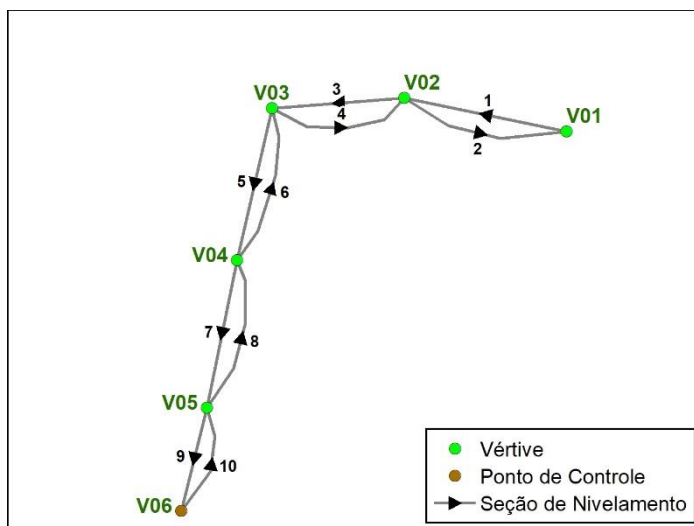


Figura 18 – Caso 1 do planejamento
Fonte: O Autor

- Confiabilidade interna

Aplicando confiabilidade interna foi obtido o seguinte vetor, indicando o menor erro detectável para cada observação e as distâncias horizontais aplicadas à cada observação. Pode ser notado que os piores valores de confiabilidade interna (os maiores) estão diretamente relacionados a distâncias longas de nivelamento.

Observação	C. Interna (mm)	Distância Hz (m)
1	7,2425	192
2	7,2425	192
3	6,1402	138
4	6,1402	138
5	8,2644	250
6	8,2644	250
7	8,2644	250
8	8,2644	250
9	4,2463	66
10	4,2463	66

Tabela 1 - Confiabilidade interna do caso 1
Fonte: O Autor:

- Confiabilidade externa

A partir da confiabilidade interna calculada, foi determinada a confiabilidade externa. Pode ser notado que, algumas observações só influenciam o valor de poucos parâmetros. Isso se deve à geometria do nivelamento, que não possui observações redundantes o suficiente para garantir a confiabilidade das observações. Foi observado que os valores da confiabilidade externa calculada têm valor aproximado de 4 mm no pior dos casos para maioria dos parâmetros.

		Observação									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ponto	1	-0,0036	0,0036	-0,0031	0,0031	-0,0041	0,0041	-0,0041	0,0041	-0,0021	0,0021
	2	0,0000	0,0000	-0,0031	0,0031	-0,0041	0,0041	-0,0041	0,0041	-0,0021	0,0021
	3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0041	0,0041	-0,0041	0,0041	-0,0021	0,0021
	4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0041	0,0041	-0,0021	0,0021
	5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0021	0,0021

Tabela 2 - Confiabilidade externa do caso 1
Fonte: O Autor

Os piores valores de confiabilidade externa observados para cada parâmetro neste caso, foram os seguintes:

Ponto	C. externa (mm)
V01	4,1322
V02	4,1322
V03	4,1322
V04	4,1322
V05	2,1232

Tabela 3 - Confiabilidade externa do caso 1
Fonte: O Autor

3.5.2 Caso 2

Nivelamento e contranivelamento por todos os vértices da rede e nivelamento entre os pontos inicial e final da rede.

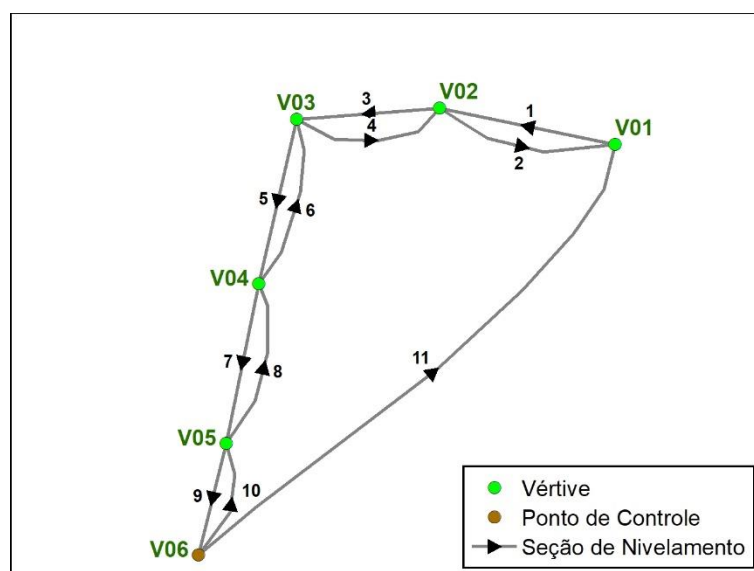


Figura 19 - Caso 2 do planejamento
Fonte: O Autor

- Confiabilidade interna

Aplicando confiabilidade interna, foi obtido o seguinte vetor, indicando o menor erro detectável para cada observação e as distâncias horizontais aplicadas à cada observação. Pode ser notado que neste caso, o ponto frágil do ajustamento encontra-se na medição de desnível entre os pontos inicial e final do nivelamento. Isso se deve à distância desta medição, causando grande desvio-padrão para este caso.

Observação	C. Interna (mm)	Distância Hz (m)
1	6,9970	192
2	6,9970	192
3	5,9884	138
4	5,9884	138
5	7,9049	250
6	7,9049	250
7	7,9049	250
8	7,9049	250
9	4,1951	66
10	4,1951	66
11	13,55	896

Tabela 4 - Confiabilidade interna do caso 2
Fonte: O Autor

- Confiabilidade externa

A partir da confiabilidade interna calculada, foi determinada a confiabilidade externa. Pode ser notado que, todas as observações influenciam todos os parâmetros em algum grau. Isso se deve à geometria do nivelamento, que possui observações redundantes suficiente para garantir a confiabilidade das observações.

		Observação										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ponto	1	-0,00233	0,00233	-0,00200	0,00200	-0,00264	0,00264	-0,00264	0,00264	-0,00140	0,00140	-0,00452
	2	0,00092	-0,00092	-0,00221	0,00221	-0,00292	0,00292	-0,00292	0,00292	-0,00155	0,00155	-0,00355
	3	0,00074	-0,00074	0,00063	-0,00063	-0,00312	0,00312	-0,00312	0,00312	-0,00166	0,00166	-0,00285
	4	0,00041	-0,00041	0,00035	-0,00035	0,00046	-0,00046	-0,00349	0,00349	-0,00185	0,00185	-0,00159
	5	0,00009	-0,00009	0,00007	-0,00007	0,00010	-0,00010	0,00010	-0,00010	-0,00205	0,00205	-0,00033

Tabela 5 - Confiabilidade externa do caso 2
Fonte: O Autor

Os piores valores de confiabilidade externa observados para cada parâmetro neste caso, foram os seguintes:

Ponto	C. externa (mm)
V01	4,5165
V02	3,5487
V03	3,1202
V04	3,4878
V05	2,0461

Tabela 6 - Confiabilidade externa para o caso 2
Fonte: O Autor

Apesar da confiabilidade externa ter melhorado em diversos pontos, pode ser notado que, pode ser encontrado aumento (em relação ao caso 1) de valor para o V01, que trata-se do ponto mais afastado do vértice de referência. Isso se deve à medição muito distante, que além de ser impraticável nas condições em campo, possui baixa precisão.

3.5.3 Caso 3

Nivelamento por todos os vértices da rede e linha paralela longitudinal com irradiações transversais aos vértices da rede

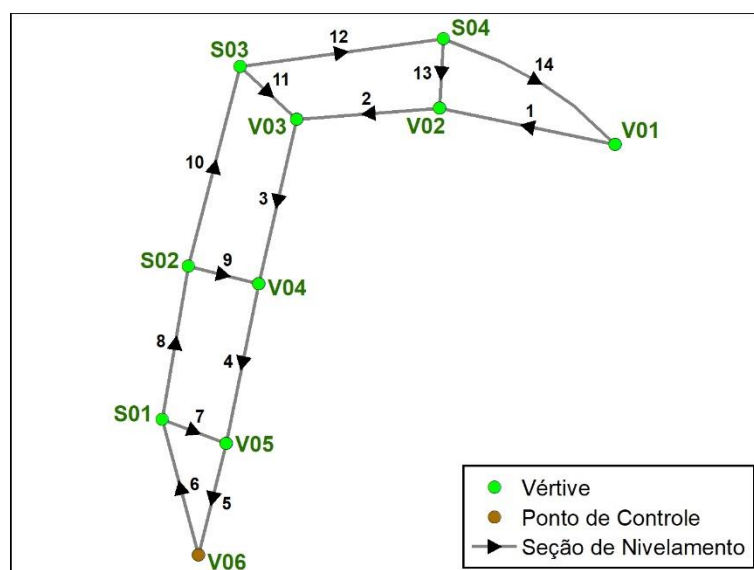


Figura 20 - Caso 3 do planejamento
Fonte: O Autor

- Confiabilidade interna

Aplicando confiabilidade interna foi obtido o seguinte vetor, indicando o menor erro detectável para cada observação e as distâncias horizontais aplicadas à cada observação.

Observação	C. Interna (mm)	Distância Hz (m)
1	7,6398	192
2	7,0712	138
3	8,9697	250
4	8,9167	250
5	4,9283	66
6	7,6398	192
7	5,5449	50
8	7,0712	138
9	5,865	50
10	8,9697	250
11	6,6101	50
12	8,9167	250
13	4,6206	50
14	4,9283	66

Tabela 7 - Confiabilidade externa para o caso 3
Fonte: O Autor

- Confiabilidade externa

A partir da confiabilidade interna calculada, foi determinada a confiabilidade externa. Neste caso está apresentado o maior valor observado para cada parâmetro. Pode ser notado que, neste caso, há aumento de valor do maior erro detectável para muitos vértices da rede em relação aos outros casos. Isto se deve ao maior número de vértices, que acaba diluindo a precisão pelo ajustamento, aumentando o número de observações, mas não necessariamente os graus de liberdade, visto que também há aumento no número de variáveis.

Ponto	C. externa (mm)
V01	4,4848
V02	4,5303
V03	4,8141
V04	4,8091
V05	3,0989
S01	4,5303
S02	4,8141
S03	4,8091
S04	3,0989

Tabela 8 - Confiabilidade externa para o caso 3
Fonte: O Autor

3.5.4 Caso 4

Nivelamento e contranivelamento por todos os vértices da rede linha paralela longitudinal com irradiações transversais aos vértices da rede

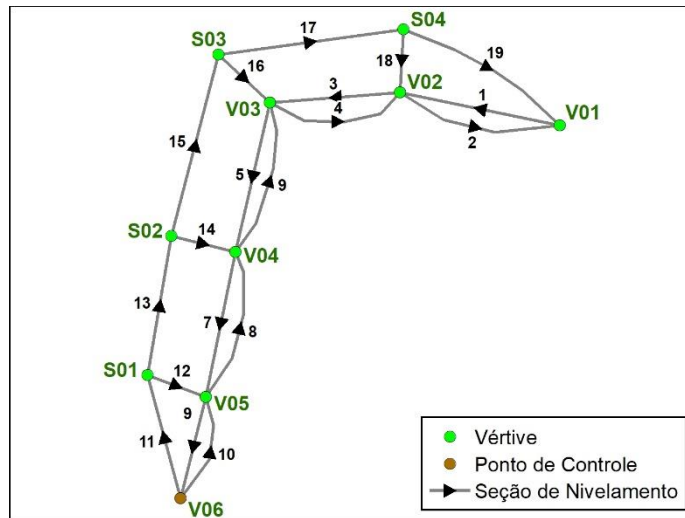


Figura 21 - Caso 4 do nivelamento
Fonte: O Autor

- Confiabilidade interna:

Aplicando confiabilidade interna foi obtido o seguinte vetor, indicando o menor erro detectável para cada observação e as distâncias horizontais aplicadas à cada observação.

Observação	C. Interna (mm)	Distância Hz (m)
1	6,3738	192
2	6,3738	192
3	5,5264	138
4	5,5264	138
5	7,3305	250
6	7,3305	250
7	7,3161	250
8	7,3161	250
9	3,8293	66
10	3,8293	66
11	6,7111	192
12	5,0176	50
13	6,3402	138
14	5,3111	50
15	7,9372	250
16	5,9158	50
17	7,8652	250
18	4,2157	50
19	4,4302	66

Tabela 9 - Confiabilidade interna para o caso 4
Fonte: O Autor

- Confiabilidade externa

A partir da confiabilidade interna calculada, foi determinada a confiabilidade externa. Pode ser notado que, as observações influenciam todos os parâmetros em algum grau. Isso se deve à geometria do nivelamento, que possui observações redundantes suficiente para garantir a confiabilidade das observações. Neste caso está representado o maior valor observado em cada parâmetro.

Neste caso pode ser notado grande melhora em relação aos outros 3 casos, aumentando o número de graus de liberdade com mais visadas, permitiu melhor confiabilidade para todos os vértices, visto que neste caso há mais graus de liberdade devido as visadas do contranivelamento, que não foram implementadas no caso 3.

Ponto	C. externa (mm)
V01	2,6457
V02	2,6173
V03	2,5959
V04	2,5589
V05	1,4749
S01	2,7273
S02	3,1237
S03	3,1742
S04	2,3951

Tabela 10 - Confiabilidade externa para o caso 4
Fonte: O Autor

3.5.5 Caso 5

Nivelamento pelos vértices da rede e linha paralela longitudinal com irradiação transversal e oblíqua.

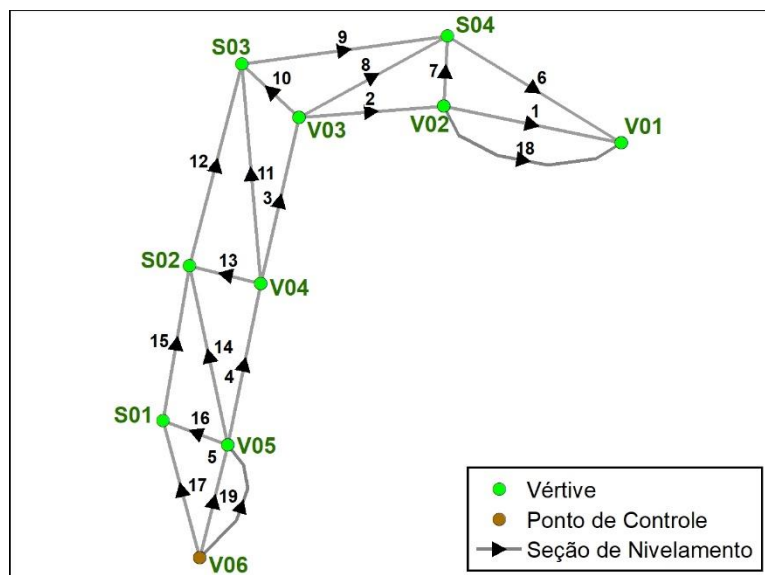


Figura 22 - Caso 5 do nivelamento
 Fonte: O Autor

• Confiabilidade interna

Aplicando confiabilidade interna foi obtido o seguinte vetor, indicando o menor erro detectável para cada observação e as distâncias horizontais aplicadas à cada observação.

Observação	C. Interna (mm)	Distância Hz (m)
1	6,3714	192
2	5,9496	138
3	7,6263	250
4	7,6376	250
5	3,8282	66
6	6,7000	192
7	4,8697	50
8	5,5895	138
9	5,9650	138
10	5,0741	50
11	7,3567	250
12	7,6517	250
13	5,7471	50
14	7,3392	250
15	7,5598	250
16	4,1938	50
17	4,4236	66
18	6,3714	192
19	3,8282	66

Tabela 11 - Confiabilidade interna para o caso 5
 Fonte: O Autor

- Confiabilidade externa

A partir da confiabilidade interna calculada, foi determinada a confiabilidade externa. Pode ser notado que, as observações influenciam todos os parâmetros em algum grau. Isso se deve à geometria do nivelamento, que possui observações redundantes suficiente para garantir a confiabilidade das observações. Neste caso está representado o maior valor observado em cada parâmetro.

Neste caso, não foi observada melhora em relação à confiabilidade externa apresentada no caso 4, porém este circuito de nivelamento proporciona menos observações redundantes iguais, isto é, há menos observações repetidas entre dois pontos, possibilitando melhor controle do ajustamento da rede.

Ponto	C. externa (mm)
V01	2,8236
V02	2,8247
V03	2,9057
V04	3,0734
V05	1,4732
S01	2,8214
S02	2,9255
S03	2,6424
S04	2,3856

Tabela 12 - Confiabilidade externa para o caso 5
Fonte: O Autor

3.5.6 Conclusão dos Testes de Planejamento

Analisando todos os casos, foi decidido que, a melhor configuração de rede a ser aplicada é o caso 5, que proporciona boa redundância de observações, sem muitas repetições de medição, permitindo a detecção de erros grosseiros em etapas que estão apresentadas adiante. Devido a questões de logística em campo, esta configuração permitiu realização do trabalho no tempo disponível, visto que a configuração de visadas oblíquas, descarta a necessidade de realizar contranivelamento, assim permitindo realização do nivelamento em apenas um sentido.

3.6 Materialização da Rede Altimétrica Local

Para materialização dos vértices da rede altimétrica local, foram instalados diversas plaquetas, constituídas de chapas metálicas com pino na parte inferior e uma saliência na parte superior para permitir repousar a régua sem alteração de sua cota ao ser rotacionada, sendo dois deles fixados próximo à plataforma, no meio fio do canteiro central da Rua Protásio Alves, no trecho entre a Avenida Beira mar e Rua Três de Outubro, mais dois fixados ao longo da plataforma e o quinto próximo ao terreno da Transpetro. Para identificação da chapa, foram preenchidos dois campos, no espaço superior foi gravado “UFRGS” e, na inferior a nomenclatura do vértice no contexto da rede. A Figura 23 - Plaqueta instalada próxima ao marégrafo. Figura 23 apresenta a plaqueta instalada próxima à estação maregráfica localizada na plataforma, com a designação MY-002.



Figura 23 - Plaqueta instalada próxima ao marégrafo
Fonte: O Autor

Para maior estabilidade dos vértices materializados, as chapas foram instaladas em elementos estáveis, como estruturas de concreto que compõem o meio-fio das calçadas. Para fixação das plaquetas, foi realizada perfuração da estrutura base com furadeira sem fio, suficientemente profunda para encaixe do pino, e para maior estabilidade foi aplicado adesivo de alvenaria no orifício da instalação.



Figura 24 - Plaqueta metálica dos vértices
Fonte: O Autor



Figura 25 - Localização dos vértices materializados
Fonte: O Autor

3.7 Levantamento GNSS

A determinação das coordenadas horizontais foi realizada por levantamento com receptor GNSS, aplicando o método relativo estático em duas etapas. Primeiramente, fazendo o transporte de coordenada desde a RBMC até uma base local, posteriormente realizando o transporte desta base local até os demais vértices da rede, sendo a segunda etapa, realizada por método estático rápido. Para pós-processamento foram utilizados os pontos da RBMC

mais próximos à área de estudo. A Figura 26 apresenta distâncias aproximadas da área de trabalho aos pontos da RBMC que foram utilizados no pós-processamento.

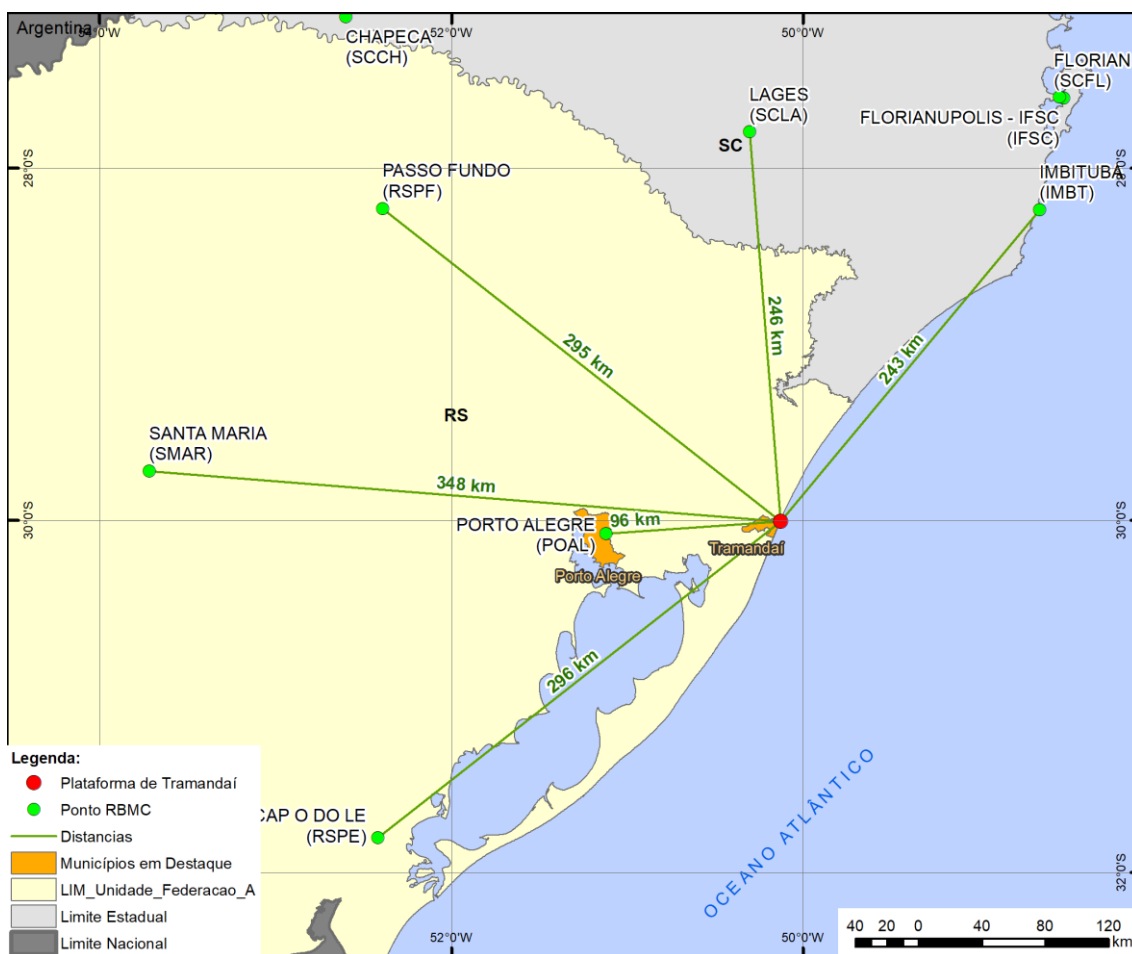


Figura 26 - Distâncias dos pontos da RBMC ao local de estudo
Fonte: O Autor

De acordo com IBGE (2008), para linha base superior a 100 km em um levantamento geodésico relativo estático por GNSS, deve-se utilizar receptores de dupla frequência e tempo de observação superior a 4 horas. A tabela abaixo apresenta os valores sugeridos e precisões alcançadas:

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

Figura 27 - Tempo de rastreamento sugerido pelo IBGE
Fonte: IBGE, 2008

O equipamento utilizado foi o receptor GNSS geodésico L1/L2, modelo GR3 da marca Topcon como apresentado na Figura 28.



Figura 28 - Receptor GNSS topcon GR3
Fonte: O Autor

Para produzir a base dos levantamentos via receptor GNSS foi utilizado o marco localizado no terreno do CECLIMAR, que se encontra no município de Imbé, a aproximadamente 3,5 km da área de estudo. Foi realizado rastreamento do ponto de base por aproximadamente 8 horas, tempo de rastreamento possibilitado pela bateria externa utilizada.



Figura 29 - Levantamento GNSS da base localizada no CECLIMAR
Fonte: O Autor

Com a base definida, foi realizado o levantamento dos demais vértices da rede através de método relativo estático rápido com ocupações de aproximadamente 5 minutos em cada ponto.

3.8 Nivelamento Geométrico

A determinação da coordenada vertical dos pontos da rede altimétrica local foi realizada por transporte de coordenada altimétrica a partir do marco que encontra-se no terreno da Trasnpetro. O levantamento foi realizado com uso de nível digital de leitura via código de barras, que oferece grande vantagem em relação à leitura tradicional por armazenar dados do levantamento na memória do equipamento e não necessitar da leitura visual do operador, reduzindo o tempo necessário para conclusão do transporte de nível.

Na atividade de campo realizada nos dias 22 e 23 de maio de 2018 foi realizado o nivelamento geométrico, porém, devido a problemas encontrados no equipamento, não foi possível utilizar a leitura automatizada do equipamento, assim obrigando a equipe a realizar o trabalho por leituras tradicionais, tornando o levantamento mais lento, consumindo mais tempo que o previsto. Além destes problemas encontrados em campo, foi notado que, na ocasião, havia grande instabilidade da visada do nível, quando realizado na plataforma, devido a influências externas no compensador do equipamento. Concluiu-se em observações posteriores que, a instabilidade foi causada pelo mal tempo e vibrações da estrutura da plataforma.

O nivelamento foi realizado partindo do vértice V002, que representa a plaqueta instalada próxima à estação maregráfica existente na plataforma, passando por todos os vértices materializados até o marco que se encontra no terreno da Transpetro. A cada seção de nivelamento, foi realizado o contranivelamento equivalente de forma simultânea afim de facilitar a logística da atividade, porém, devido à problemas de logística e planejamento, foi possível apenas a realização de nivelamento e contranivelamento do transporte de nível, que, como foi apresentado anteriormente, é um caso onde não é possível detectar fonte de erros grosseiros, impossibilitando mensurar a confiabilidade da coordenada transportada.

Com o objetivo de produzir coordenada altimétrica de melhor confiabilidade, foi realizado outro nivelamento geométrico no dia 22 de junho de 2018. Desta vez partindo do marco que se encontra no terreno da Transpetro até o vértice V002 da rede. O circuito de nivelamento utilizado neste caso foi baseado no caso 5 do planejamento, que deve ser realizado o nivelamento passando por todos os vértices da rede e simultaneamente outro paralelo com irradiações aos vértices da rede principal. Com as funções automáticas do equipamento em funcionamento, foi possível a realização de todo o levantamento no tempo disponível, além disso foi observado que, com o clima melhor, a instabilidade das visadas na plataforma diminuíram consideravelmente.

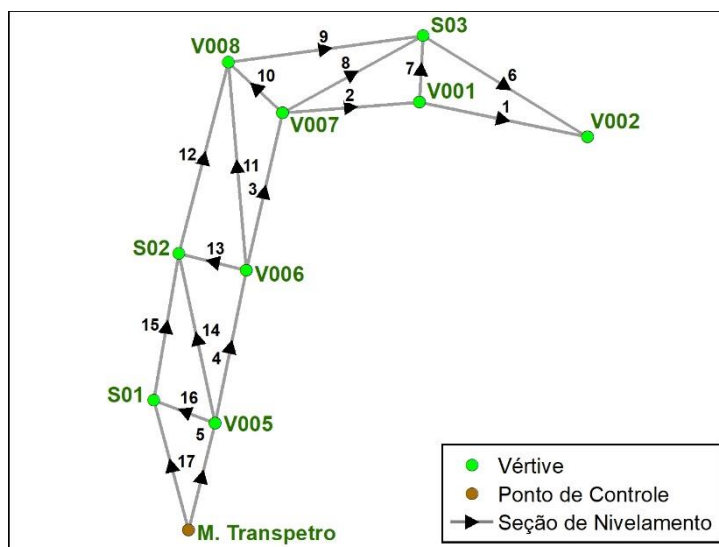


Figura 30 - Nivelamento realizado
Fonte: O autor

Para determinação da altitude do marégrafo presente na plataforma, foi realizada medição do desnível entre a plaqueta mais próxima (V002) ao topo do dispositivo. Para tanto, foi feita medição do marégrafo com régua em seu topo e, posteriormente determinado o centro de fase do dispositivo através de manual do marégrafo.

3.9 Processamento de Dados

A etapa seguinte ao levantamento de campo foi o processamento dos dados obtidos, realizando ajustamento das informações altimétricas no software Octave e processando os dados GNSS na plataforma Topcon Tools.

3.9.1 Processamento dos Dados GNSS

Primeiramente, foi processada a coordenada do marco geodésico encontrado no CECLIMAR. Para esta etapa, foram realizados os seguintes procedimentos:

- Download dos dados das estações da RBMC que foram utilizadas para fornecimento de base à coordenada a ser calculada. Atentando para baixar observações da data em que ocorreu o rastreamento do marco;
- Inserção no Topcon Tools dos dados das observações do GNSS instalado na base e estações da RBMC utilizadas;
- Determinação dos valores de coordenada horizontal, vertical e suas precisões para as bases da RBMC a partir dos valores descritos no memorial descritivo de cada estação;
- Download das efemérides precisas para o período do levantamento;
- Seleção das linhas base inclusas no processamento;
- Pós-processamento dos dados GNSS;

Para maior confiabilidade no processamento GNSS, foi realizado processamento da base CECLIMAR em relação a cada estação da RBMC utilizada neste projeto, com cada processamento apresentando os resultados:

Processamento da base CECLIMAR em relação a cada estação da RBMC					
Estação	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Precisão N (cm)	Precisão E (cm)
IMBT	29°58'25,39503"S	50°08'14,37167"W	5,133	2,5	2,2
SCLA	29°58'25,39358"S	50°08'14,37033"W	5,106	2,8	2,0
RSPF	29°58'25,39390"S	50°08'14,36896"W	5,071	2,7	2,2
SMAR	29°58'25,39321"S	50°08'14,36959"W	5,062	3,1	2,7
RSPE	29°58'25,39344"S	50°08'14,37008"W	5,075	3,0	2,6
POAL	29°58'25,39481"S	50°08'14,37234"W	5,050	1,7	1,4
MEDIA	29°58'25,39350"S	50°08'14,37076"W	5,089	0,4	0,5

Tabela 13 - Processamento da base CECLIMAR em relação a cada estação da RBMC
Fonte: O Autor

Em seguida, foi calculada a coordenada única da base CECLIMAR, realizando o processamento de todas as bases de forma ponderada, assim possibilitando o uso de diversas observações, aumentando a confiabilidade do dado obtido.

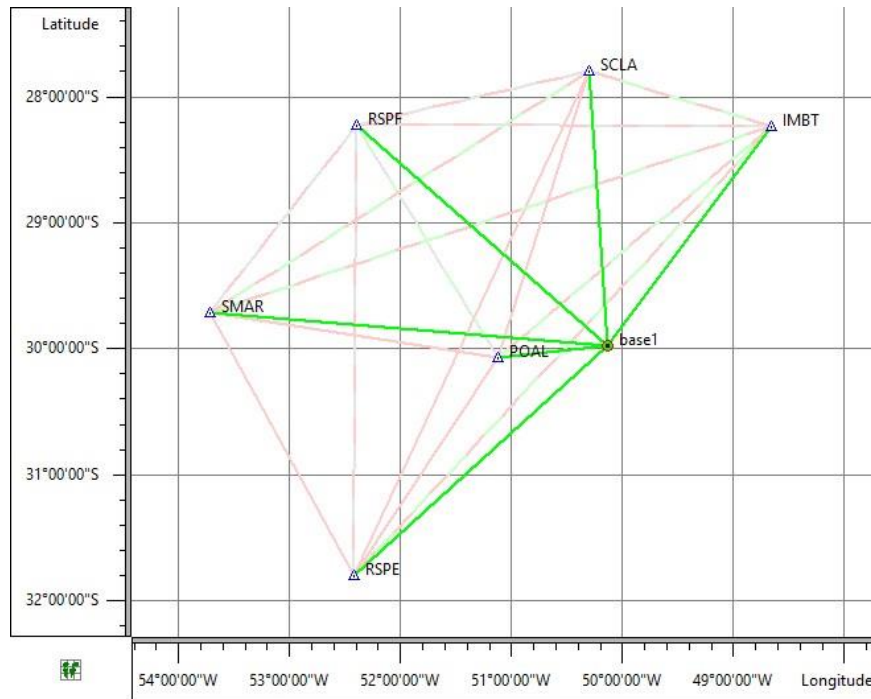


Figura 31 - Linhas base do pós-processamento GNSS da base
Fonte: O Autor

Para processamento das coordenadas horizontais dos vértices da rede altimétrica local, foram realizados os seguintes passos:

- Inserção no Topcon Tools dos dados das observações do GNSS instalado na base e do GNSS utilizado nos rastreios dos vértices da rede;
- Determinação dos valores de coordenada horizontal, vertical e sua precisão para a base do CECLIMAR a partir do valor calculado no processamento da base;
- Download das efemérides precisas para o período do levantamento;
- Seleção das linhas base inclusas no processamento;
- Pós-processamento dos dados GNSS;

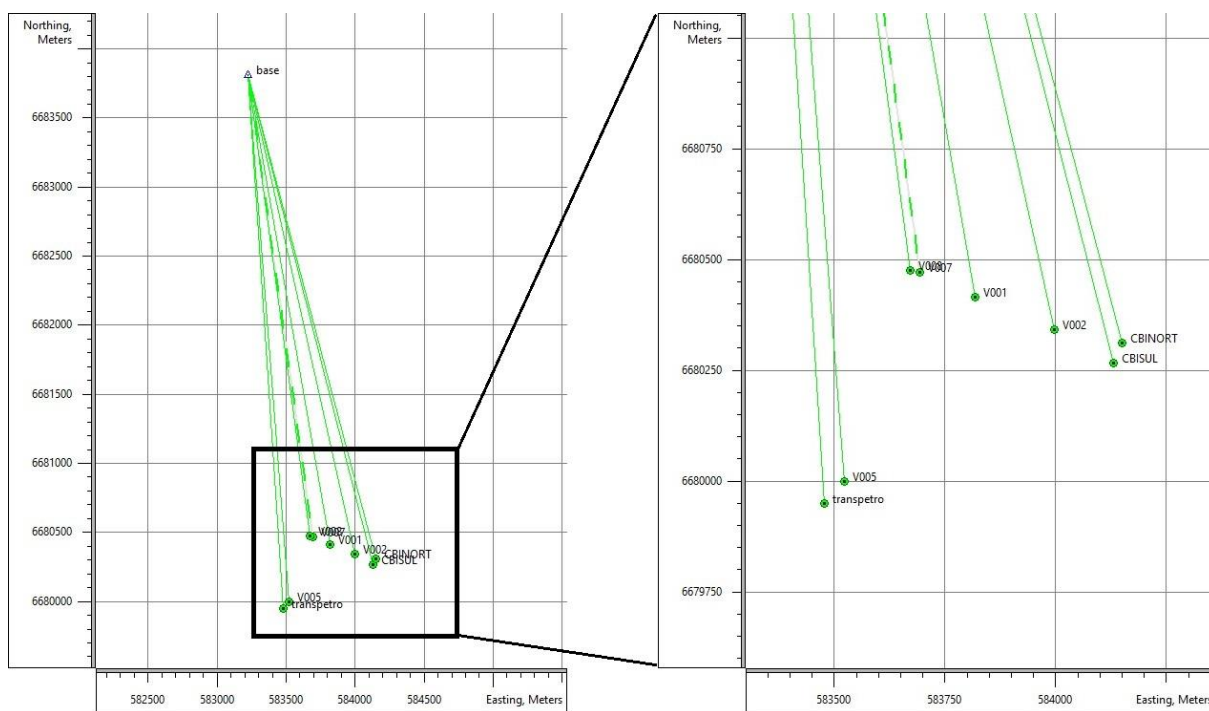


Figura 32 - Linhas base do processamento dos vértices da rede altimétrica local
 Fonte: O Autor

3.9.2 Processamento do Nivelamento Geométrico

Para processamento dos dados obtidos a partir do nivelamento geométrico, foi aplicado ajustamento de observações utilizando método dos mínimos quadrados com o software Octave.

Primeiramente, as informações obtidas por nivelamento geométrico foram organizadas em tabela excel, separando as observações por estação e discriminando observações de ré e vante. Com as observações organizadas em tabela, foi realizado o cálculo dos desníveis de cada lance de nivelamento, posteriormente, a partir destas observações foi calculado o desnível de cada seção de nivelamento do circuito.

Com todas observações e distâncias horizontais, foi possível realizar o ajustamento de observações, resultando nas altitudes dos vértices da rede e demais subprodutos do ajustamento que possibilitam gerar controle de qualidade e confiabilidade dos dados obtidos.

4 RESULTADOS OBTIDOS

Com a conclusão do processamento dos dados obtidos em campo, foram calculados os resultados na forma de coordenadas dos vértices da rede e outros elementos levantados em campo. Levando em consideração os recursos e tempo disponíveis para execução do trabalho, não foi possível o transporte de coordenada altimétrica a partir de referencial de nível de Datum vertical, portanto foi utilizada coordenada altimétrica geométrica para o marco de referência do projeto. Independente da baixa precisão altimétrica obtida a partir do levantamento por GNSS, foi garantida a qualidade da coordenada altimétrica relativa entre os elementos da rede altimétrica local através do nivelamento geométrico.

4.1 Coordenadas Planimétricas

As coordenadas planimétricas, obtidas através de levantamento por GNSS estão apresentadas na tabela a seguir. A unidade das coordenadas UTM estão apresentadas em metros, enquanto o Datum utilizado para todas coordenadas foi o SIRGAS 2000.

ELEMENTO	E - UTM 22 S	N - UTM 22 S	LATITUDE	LONGITUDE
Marco CECLIMAR	583226,49	6683813,59	29° 58' 25,394" S	50° 8' 14,371" W
Marco Transpetro	583477,96	6679949,15	30° 0' 30,868" S	50° 8' 3,899" W
V001	583818,80	6680414,17	30° 0' 15,678" S	50° 7' 51,309" W
V002	583996,91	6680341,34	30° 0' 18,000" S	50° 7' 44,640" W
V005	583521,68	6679999,62	30° 0' 29,218" S	50° 8' 2,281" W
V006	583624,80	6680239,83	30° 0' 21,389" S	50° 7' 58,500" W
V007	583692,29	6680470,38	30° 0' 13,883" S	50° 7' 56,046" W
V008	583670,40	6680474,70	30° 0' 13,748" S	50° 7' 56,865" W

Tabela 14 - Coordenadas planimétricas da rede
Fonte: O Autor

Com o processamento dos dados GNSS foram obtidas as seguintes precisões para cada coordenada. Lembrando que a precisão para coordenada V está associada ao levantamento por GNSS, sendo o desvio-padrão da coordenada vertical significativamente menor para coordenada altimétrica obtida por nivelamento geométrico.

ELEMENTO	Precisão N (cm)	Precisão E (cm)
Marco CECLIMAR	0,4	0,5
Marco Transpetro	0,5	0,5
V001	1,1	1,6
V002	1,5	1,4
V005	0,6	0,6
V007	1,3	1,8
V008	1,2	1,2

Tabela 15 - Precisão das coordenadas obtidas com GNSS
 Fonte: O Autor

4.2 Coordenadas Altimétricas

Processando os dados obtidos por nivelamento geométrico foram obtidas as seguintes altitudes dos vértices da rede, sendo o valor de altitude do marco Transpetro e o Marco CECLIMAR os únicos determinados por levantamento por GNSS.

A partir da MVC dos parâmetros, obtida no ajustamento de observações, foram obtidas as precisões das altitudes calculadas. Neste caso, deve-se atentar ao fato desta precisão ser considerada apenas para coordenada altimétrica relativa entre os elementos da rede e o marco de base, isto é, esta precisão está associada apenas ao nivelamento geométrico.

ELEMENTO	ALTITUDE (m)	PRECISÃO (cm)
Marco CECLIMAR	5,089	1,8
Marco Transpetro	7,751	1,8

Tabela 16 - Coordenada vertical da rede obtida por GNSS
 Fonte: O Autor

Para valores de altitudes da rede local, foi aplicado valor de altitude elipsoidal obtido por GNSS para o Marco Transpetro e este transportado por nivelamento geométrico para os demais vértices da rede. Esta coordenada sendo estabelecida como base para toda a rede, porém na propagação da incerteza foi desprezada a precisão da altitude inicial. A tabela 17 apresenta valores de desnível em relação à base, altitude para rede e precisão local.

ELEMENTO	DESNÍVEL (m)	ALTITUDE (m)	PRECISÃO (mm)
Marco Transpetro	0,0	7,7510	0,0
V001	-1,5529	6,1981	1,4
V002	1,4585	9,2095	1,6
V005	-0,3307	7,4203	0,5
V006	-0,6186	7,1324	1,0
V007	0,1886	7,9396	1,2
V008	0,2166	7,9676	1,2
Marégrafo Plataforma	2,8575	10,6085	1,6

Tabela 17 - Coordenada vertical da rede obtida por nivelamento geométrico
 Fonte: O Autor

4.3 Controle de Qualidade

O controle de qualidade posicional da rede altimétrica local foi obtido através de testes estatísticos a partir de dados obtidos no ajustamento de observações para determinação dos valores de altitude dos vértices.

Para realização do teste individual e alguns outros testes aplicados neste trabalho, primeiramente foi determinado o resíduo de cada observação, resultando nos seguintes valores:

OBSERVAÇÃO	RESÍDUO (mm)
1	0,002
2	-0,002
3	0,005
4	0,239
5	-0,117
6	-0,122
7	-0,037
8	-0,648
9	0,350
10	0,088
11	-0,164
12	1,605
13	-0,771
14	-0,935
15	-0,060
16	1,330
17	1,330

Tabela 18 - Resíduo das observações
Fonte: O Autor

Sendo que, na Tabela 18, estão representados os resíduos já com os erros grosseiros corrigidos. A seguir, foi calculado erro médio quadrático (EMQ) dos resíduos, que apresentou um valor:

$$EMQ_V = 0,4853 \text{ mm}$$

Salientando que o EMQ não leva em consideração o peso das observações, então, considerando a ponderação das observações aplicadas no ajustamento, tem-se o valor do fator de variância a posteriori do ajustamento, resultando em:

$$\hat{\sigma}_0^2 = 0,79177$$

Que ao extrair a raiz quadrada deste valor, foi obtido o fator de precisão a posteriori para amostra:

$$\hat{\sigma}_0 = 0,6269$$

4.3.1 Teste Individual

Com resíduo determinado, foi possível calcular os valores do teste individual (data snooping), que possibilitou interpretar erro grosseiro na amostra, causado por erro de digitação no momento do armazenamento dos dados obtidos em campo. Neste caso, o erro pôde ser corrigido com facilidade, ao buscar o valor correto nos arquivos digitais gerados pelo equipamento (nível digital), sem necessidade de excluir a observação do ajustamento.

4.3.2 Teste Global

Para avaliar se as variâncias a priori e posteriori são significativamente iguais em determinado nível de confiança, foi analisada a relação entre elas com uso da distribuição qui quadrado. Para este caso, foi aplicado um nível de confiança de 99%.

A relação entre variância a posteriori ($\hat{\sigma}_0^2$) e variância a priori (σ_0^2) obtida, assumindo que foi adotado um valor de ($\sigma_0^2 = 1$), resultou em:

$$T = 0,79177$$

Sendo que os valores de significância estatística bicaudal para este grau de liberdade são:

$$LI = 0,16805$$

$$LS = 2,7444$$

Como pode ser observado, tem-se o valor da relação entre variâncias entre os dois valores de significância bicaudal para distribuição qui quadrado, assim excluindo a hipótese nula.

5 CONCLUSÕES

Embora técnicas de levantamentos aplicados na topografia (a exemplo o nivelamento geométrico) sejam ciências consolidadas há muito, deve-se lembrar que sua aplicação não pode ser subestimada, visto que, técnicas de levantamento mais simples, como os métodos diretos, tendem a ser mais precisos e mais baratos dependendo do escopo do projeto.

Mesmo não sendo possível referenciar a rede altimétrica ao Datum oficial brasileiro (Imbituba), o objetivo principal deste trabalho foi realizado, auxiliando no avanço dos estudos em maregrafia na área de estudo, através de determinação da rede altimétrica local, fornecendo referencial altimétrico único para medições na área de estudo, garantindo a possibilidade de manutenção da coordenada altimétrica dos equipamentos lá instalados, visto que, a movimentação da plataforma pode afetar as medições a longo prazo.

Nesta atividade foi possível provar que um dos mais simples dos métodos de levantamento, necessita do conhecimento de diversas áreas da engenharia cartográfica para sua aplicação completa. Outros elementos deste trabalho, que devem ser levados em consideração, foram as diversas pesquisas e planejamentos, sendo estes elementos de vital importância para o sucesso de um projeto cartográfico.

5.1 Trabalhos Futuros

Para trabalhos futuros, deve-se levar em consideração que, a rede produzida neste trabalho não está referenciada ao Datum oficial brasileiro, impossibilitando a correlação das medições maregráfica apoiada à rede determinada neste trabalho. Deve-se levar em conta que, o uso do MAPGEO para determinação da ondulação geoidal para região estudada é desaconselhada pelo IBGE, pois em regiões costeiras não há pontos de checagem o suficiente para garantir sua confiabilidade, portanto deve-se estudar métodos para transporte de coordenada altimétrica para região estudada.

Afim de verificar a qualidade estrutural da plataforma, em trabalhos futuros, deverá ser refeito o nivelamento geométrico realizado neste trabalho, com o objetivo de averiguar a existência de desnível na estrutura em um período longo entre observações.

6 TABELA DE CUSTOS

Equipamento/Serviço	Preço unitário	Quantidade	total
Estação total	R\$12.000,00	1	R\$12.000,00
Par de receptores GNSS	R\$50.000,00	1	R\$50.000,00
Nível digital	R\$7.000,00	1	R\$7.000,00
Plaqueta	R\$5,00	5	R\$25,00
Licença do software MatLab	R\$10.000,00	1	R\$10.000,00
Licença do software Topcon Tools	R\$0,00	1	R\$0,00
Equipamento de proteção individual	R\$40,00	2	R\$80,00
Estadia em Tramandaí	R\$150,00	6	R\$900,00
Aluguel de veículo com capacidade necessária	R\$180,00	4	R\$720,00
Trabalho diário de técnico em topografia	R\$400,00	4	R\$1.600,00
Trabalho diário de engenheiro cartógrafo	R\$800,00	4	R\$3.200,00
Total			R\$85.525,00

REFERÊNCIAS

MONICO, João Francisco Galera. *Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações*. São Paulo: Editora UNESP, 2007.

GEMAEL, Camil. *Introdução ao ajustamento de observações: aplicações geodésicas*. Curitiba: Ed. UFPR, 1994.

ANA. *Orientações para Elaboração do Relatório de Instalação de Estações Hidrométricas*. . Distrito Federal: Agência Nacional de Águas, dez. 2014.

MATSUOKA, MARCELO TOMIO; MONICO, JOÃO FRANCISCO GALERA. Confiabilidade Interna e Externa Durante a Etapa de Planejamento do Levantamento: Exemplo em uma Rede de Nivelamento. p. 10, 2008.

IBGE. *Recomendações para Levantamentos Relativos Estáticos - GPS*. . Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, abr. 2008.

IBGE :: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc.shtm>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

IBGE. *Resolução da Presidência do IBGE nº 22 (21/07/1983) - Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos em Território Brasileiro*. . Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 21 jul. 1983.

Accuracy Analysis and Evaluation of Elevation and Coordinate Difference Measurement Systems. In: OGUNDARE, J. O. (Ed.). **Precision Surveying**. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc, 2015. p. 189–208.

PBMC, 2016: Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas [Marengo, J.A., Scarano, F.R. (Eds.)]. PBMC, COPPE - UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 184 p. ISBN: 978-85-285-0345-6.

ROFATTO, Vinicius Francisco; MATSUOKA, Marcelo Tomio; KLEIN, Ivandro. Design of geodetic networks based on outlier identification criteria: an example applied to the leveling network. *Boletim de Ciências Geodésicas*, v. 24, n. 2, p. 152-170, June 2018.

ANDRADE, Mauro M.; TOLDO JR, Elírio E.; NUNES, José C.. Variabilidade das correntes na plataforma interna ao largo de Tramandaí, RS durante o verão de 2014. *Pesquisas em Geociências*, Porto Alegre, v. 43, n. 3, p. 289-298, fev. 2018. ISSN 1807-9806.

Standards and Specifications for Precision Surveys. In: OGUNDARE, J. O. (Ed.). **Precision Surveying**. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc, 2015. p. 47–86.

GHILANI, Charles D. *Adjustment Computations: Spatial Data Analysis*. Edição: 5 ed. Hoboken, N.J: John Wiley & Sons, 2010.

US DEPARTMENT OF COMMERCE, NOAA. *National Geodetic Survey - Operations Publications*. Disponível em: <https://www.ngs.noaa.gov/PUBS_LIB/pub_ops.shtml>. Acesso em: 19 abr. 2018.

ISO 17123-2 Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments — Part 2: Levels. . [S.l: s.n.], 1 dez. 2001

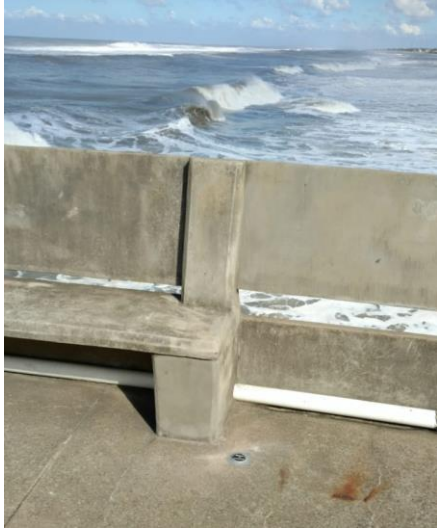
MIGUEZ, Belen Martin; TESTUT, Laurent; WÖPPELMANN, Guy. The Van de Castele Test Revisited: An Efficient Approach to Tide Gauge Error Characterization. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, v. 25, n. 7, p. 1238–1244, jul. 2008.

Correio do Povo | Notícias | Ressaca do mar surpreende frequentadores de Tramandaí. Disponível em: <<http://www.correiodopovo.com.br/Noticias/Geral/2016/10/601564/Ressaca-do-mar-surpreende-frequentadores-de-Tramandai>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

APÊNDICE

Memorial descritivo dos vértices da rede

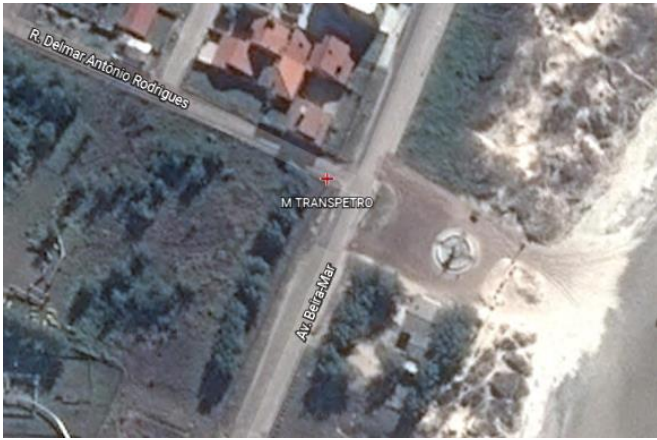
RELATÓRIO DESCRITIVO DE REFERÊNCIA DE NÍVEL	
Identificação	MY-001 (V001 no relatório)
Objetivo	Parte de rede altimétrica local determinada em trabalho acadêmico
Status	Bom estado de conservação
Endereço do vértice	Cruzamento da Av. Beira Mar com Av. Protásio Alves, no município de Tramandai, RS
Detalhe da localização	Próximo ao guichê de acesso da plataforma, ao lado do portão de entrada
Responsável	Instituto de Geociências - UFRGS
Contato	kenji.yamawaki@ufrgs.br
Instituição conveniada	IGEO-UFRGS
Croqui de localização	
	
Foto do vértice	
	
Coordenadas planimétricas SIRGAS 2000 – UTM/22S	
E: 583818,80 m	N: 6680414,17 m
Precisão planimétrica:	
N: 1,1 cm	E: 1,6 cm
Coordenada altimétrica (Local)	6,1981m
Precisão altimétrica (Local)	1,4 mm

RELATÓRIO DESCRITIVO DE REFERÊNCIA DE NÍVEL	
Identificação	MY-002 (V002 no relatório)
Status	Bom estado de conservação
Objetivo	Parte de rede altimétrica local determinada em trabalho acadêmico
Endereço do vértice	Cruzamento da Av. Beira Mar com Av. Protásio Alves, no município de Tramandai, RS
Detalhe da localização	Próximo à estação maregráfica, instalada no centro da plataforma.
Responsável	Instituto de Geociências - UFRGS
Contato	kenji.yamawaki@ufrgs.br
Instituição	IGEO-UFRGS
Croqui de localização	
	
Foto do vértice	
	
Coordenadas planimétricas SIRGAS 2000 – UTM/22S	
E: 583996,91 m	N: 6680341,34 m
Precisão planimétrica	
E: 1,5 cm	N: 1,4 cm
Coordenada altimétrica (Local)	9,2095 m
Precisão altimétrica (Local)	1,6 mm

RELATÓRIO DESCRITIVO DE REFERÊNCIA DE NÍVEL	
Identificação	MY-005 (V005 no relatório)
Status	Bom estado de conservação
Objetivo	Parte de rede altimétrica local determinada em trabalho acadêmico
Endereço do vértice	Próximo ao cruzamento da Av. Beira-Mar com a R. Delimar Antônio Rodrigues, localizado no município de Tramandaí, RS
Detalhe da localização	Vértice materializado no meio-fio da calçada, da Av. Beira-Mar, ao do mar da rua.
Responsável	Instituto de Geociências - UFRGS
Contato	kenji.yamawaki@ufrgs.br
Instituição	IGEO-UFRGS
Croqui de localização	
	
Foto do vértice	
	
Coordenadas planimétricas SIRGAS 2000 – UTM/22S	
E: 583521,68 m	N: 6679999,62 m
Precisão planimétrica	
E: 0,6 cm	N: 0,6 cm
Coordenada altimétrica (Local)	7,4203 m
Precisão altimétrica (Local)	0,5 mm

RELATÓRIO DESCRITIVO DE REFERÊNCIA DE NÍVEL	
Identificação	MY-007 (V007 no relatório)
Status	Bom estado de conservação
Objetivo	Parte de rede altimétrica local determinada em trabalho acadêmico
Endereço do vértice	Av. Protásio Alves, entre os cruzamentos desta com Av. Beira Mar e R. Três de Outubro, localizado no município de Tramandaí, RS
Detalhe da localização	Fixado no canteiro central da avenida Protásio Alves, próximo ao chuveiro público de banhistas
Responsável	Instituto de Geociências - UFRGS
Contato	kenji.yamawaki@ufrgs.br
Instituição	IGEO-UFRGS
Croqui de localização:	
	
Foto do vértice:	
	
Coordenadas planimétricas SIRGAS 2000 – UTM/22S	
E: 583692,29 m	N: 6680470,38 m
Precisão planimétrica:	
E: 1,3 cm	N: 1,8 cm
Coordenada altimétrica (Local)	7,9396 m
Precisão altimétrica (Local)	1,2 mm

RELATÓRIO DESCRITIVO DE REFERÊNCIA DE NÍVEL	
Identificação	MY-008 (V008 no relatório)
Status	Bom estado de conservação
Objetivo	Parte de rede altimétrica local determinada em trabalho acadêmico
Endereço do vértice	Av. Protásio Alves, entre os cruzamentos desta com Av. Beira Mar e R. Três de Outubro, localizado no município de Tramandaí, RS
Detalhe da localização	Fixado no canteiro central da avenida Protásio Alves.
Responsável	Instituto de Geociências - UFRGS
Contato	kenji.yamawaki@ufrgs.br
Instituição	IGEO-UFRGS
Croqui de localização:	
	
Foto do vértice:	
	
Coordenadas planimétricas SIRGAS 2000 – UTM/22S	
E: 583670,40 m	N: 6680474,70 m
Precisão planimétrica:	
E: 1,2 cm	N: 1,2 cm
Coordenada altimétrica (Local)	7,9676 m
Precisão altimétrica (Local)	1,2 mm

RELATÓRIO DESCRITIVO DE REFERÊNCIA DE NÍVEL	
Identificação	MARCO TRANSPETRO
Status	Chapa levemente danificada
Objetivo	Marco pertencente à Transpetro utilizado como parte de rede altimétrica local determinada em trabalho acadêmico
Endereço do vértice	Cruzamento da Av. Beira-Mar com a R. Delimar Antônio Rodrigues, localizado no município de Tramandaí, RS
Detalhe da localização	Marco materializado no interior do terreno da TRANSPETRO, próxima a grade, na esquina descrita acima.
Responsável	Instituto de Geociências - UFRGS
Contato	kenji.yamawaki@ufrgs.br
Instituição	IGEO-UFRGS
Croqui de localização:	
	
Foto do vértice:	
	
Coordenadas planimétricas SIRGAS 2000 – UTM/22S	
E: 583477,96 m	N: 6679949,15 m
Precisão planimétrica:	
E: 0,5 cm	N: 0,5 cm
Coordenada altimétrica (Local e GNSS)	7,751 m
Precisão altimétrica (Local)	0,0 mm
Precisão altimétrica (GNSS)	18 mm

Memorial descritivo – estação geodésica de Imbé

MONOGRAFIA DE ESTAÇÃO GEODÉSICA

PONTO:	MARINHA	LOCAL:	IMBÉ
MARCO DE REFÊNCIA:	RN MARINHA	COM VISADA PARA:	SPH1
COORDENADAS GEODÉSICAS SIRGAS2000		COORDENADAS UTM 22S SIRGAS2000	
φ:	-29 58' 41,56946"	E:	584392,077 m
λ:	-50 07' 30,73626"	N:	6683306,808 m

ALTURA datum vertical Imbituba		ALTURA	
Geométrica:	4,240m	Geométrica:	4,240m
Ondulação Geoidal Real:	2,810 m	Ondulação Geoidal Mapgeo:	2,930 m
Ortométrica:	1,430m	Ortométrica:	1,310m

FOTO DO PONTO		CROQUI DO PONTO	
			

EQUIPAMENTO	RECEPTOR	TAXA DE RASTREIO	DATA	
	HYPER LITE	5 S	21/9/2012	
HORÁRIO DO RASTREIO GPS	INÍCIO	TÉRMINO	TEMPO DE COLETA	
	11:08:00	17:13:45	6:05:45	

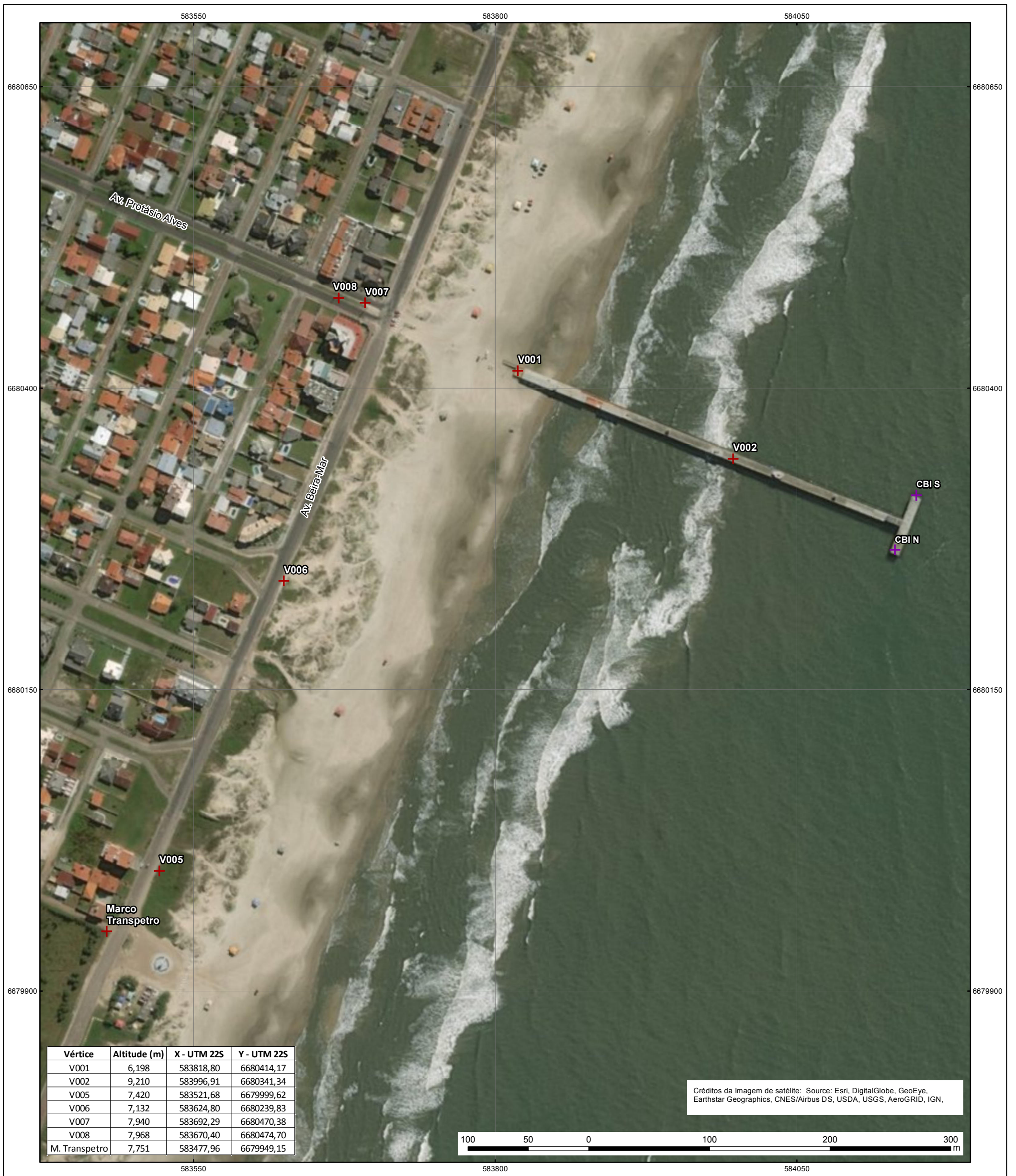
ITINERÁRIO DE LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO:

SITUADO NO TERRENO DA ESTAÇÃO METEOROLÓGIA DA SPH (ANTIGO DEPREC) NA RUA SÃO LEOPOLDO,767 NO MUNICÍPIO DE IMBÉ. CONTATO: TÉC. JORGE (FOTO). RN DA MARINHA DENTRO DE UMA CAIXA DE ALVENARIA ABAIXO DO SOLO PROTEGIDO COM UMA TAMPA DE CONCRETO.

φ= LATITUDE, λ= LONGITUDE

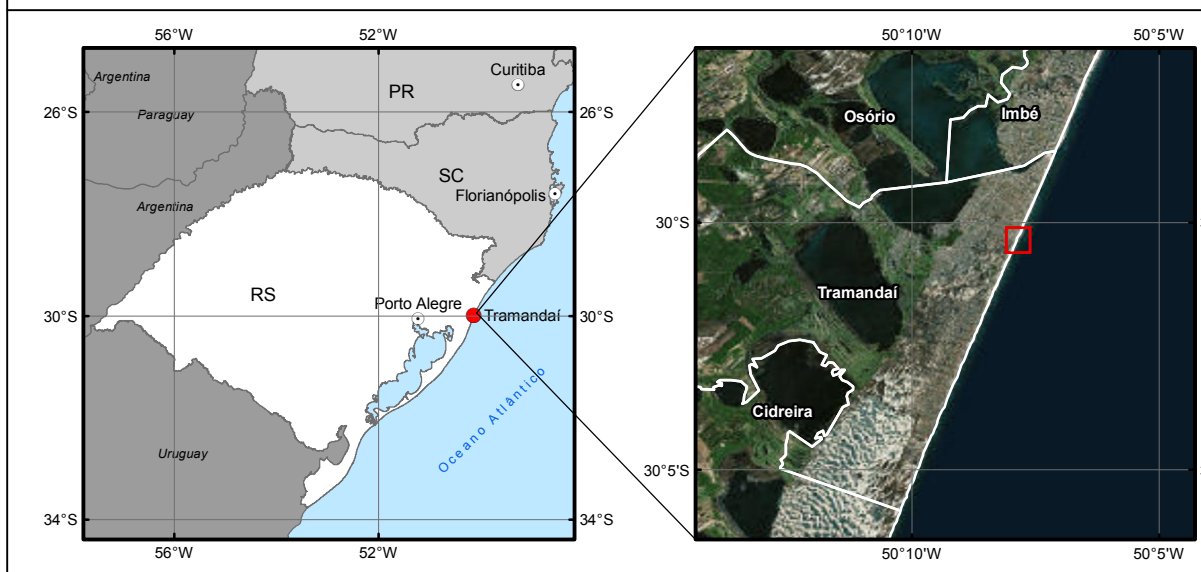
RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO DO LEVANTAMENTO: GEÓL. ROBSON DOS SANTOS AQUINO

Carta imagem da área de estudo



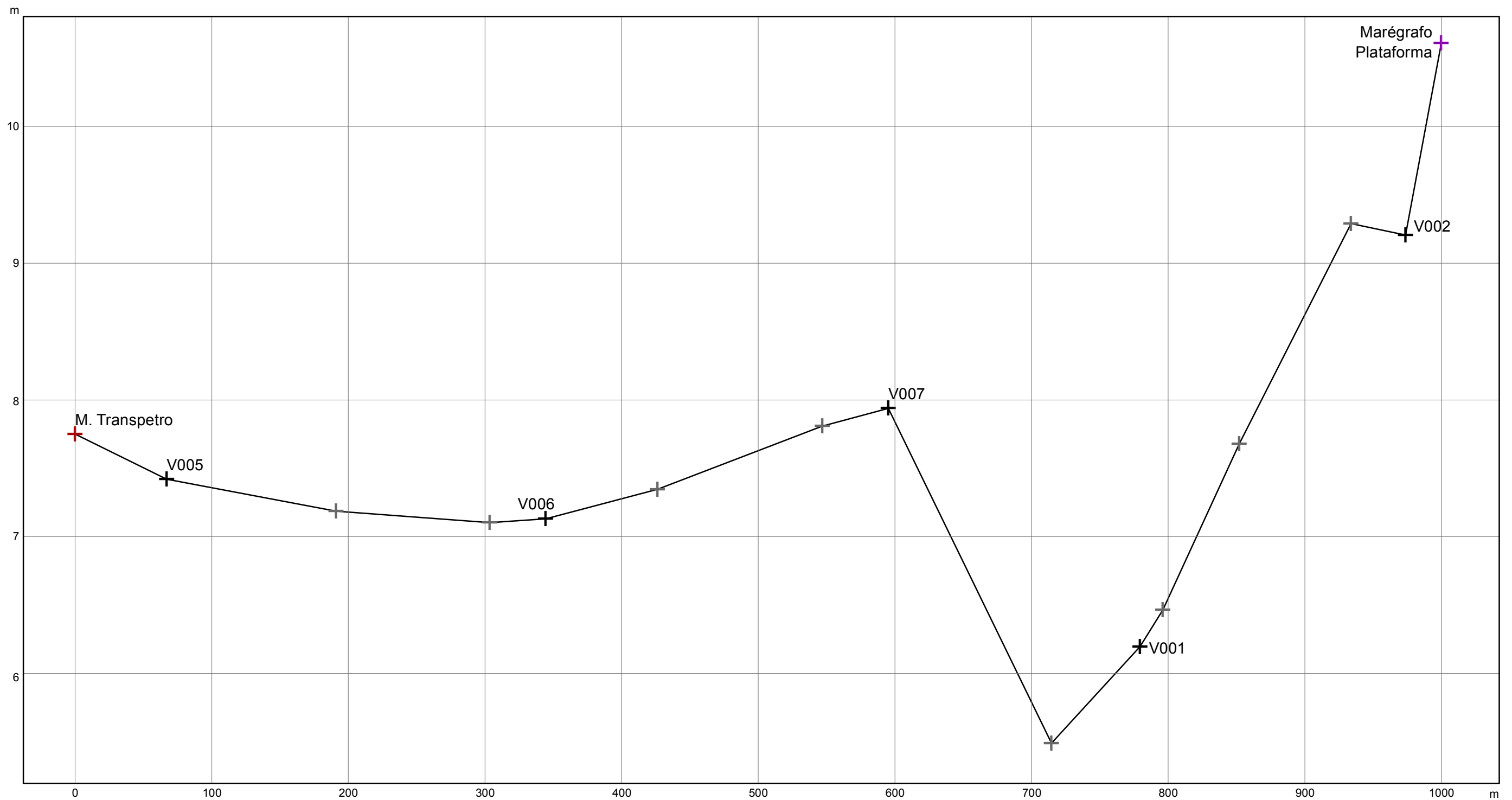
Vértice	Altitude (m)	X - UTM 22S	Y - UTM 22S
V001	6,198	583818,80	6680414,17
V002	9,210	583996,91	6680341,34
V005	7,420	583521,68	6679999,62
V006	7,132	583624,80	6680239,83
V007	7,940	583692,29	6680470,38
V008	7,968	583670,40	6680474,70
M. Transpetro	7,751	583477,96	6679949,15

Créditos da Imagem de satélite: Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN,



CARTA IMAGEM	
Informações Cartográficas: Datum: SIRGAS 2000 Projeção: UTM; Fuso 22 Sul Meridiano Central: 51 W	Legenda: + Vértice da Rede Geodésica + Marco Existente
Responsáveis: Eng. Felipe Geremia Nievinski Eng. Manuella Fagundes Discentes: Douglas Leipelt Maurício Kenji Yamawaki	
Descrição do Produto: Carta imagem com vértices da rede geodésica determinada no trabalho acadêmico de conclusão da disciplina GEO05028. Coordenadas plinimétricas produzidas via receptor GNSS. Coordenadas altimétricas locais produzidas via nivelamento geométrico.	

Perfil topográfico do nivelamento da rede



CIRCUITO DE NIVELAMENTO:



PERFIL TOPOGRÁFICO DO TRANSPORTE DE COORDENADA ALTIMÉTRICA

Legenda:

- + M. Transpetro
- + Marégrafo Plataforma
- + Vértice da Rede
- + Sapata



Informações Topográficas:

Escala Horizontal: 1:3.000
Escala Vertical: 1:30

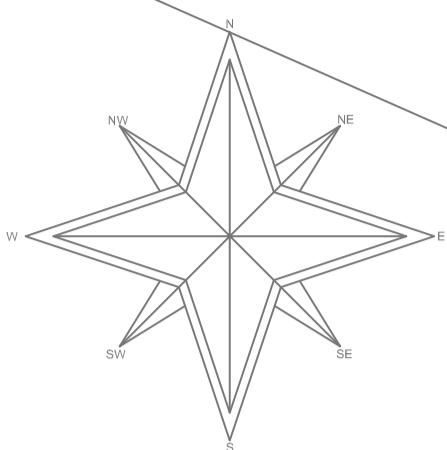
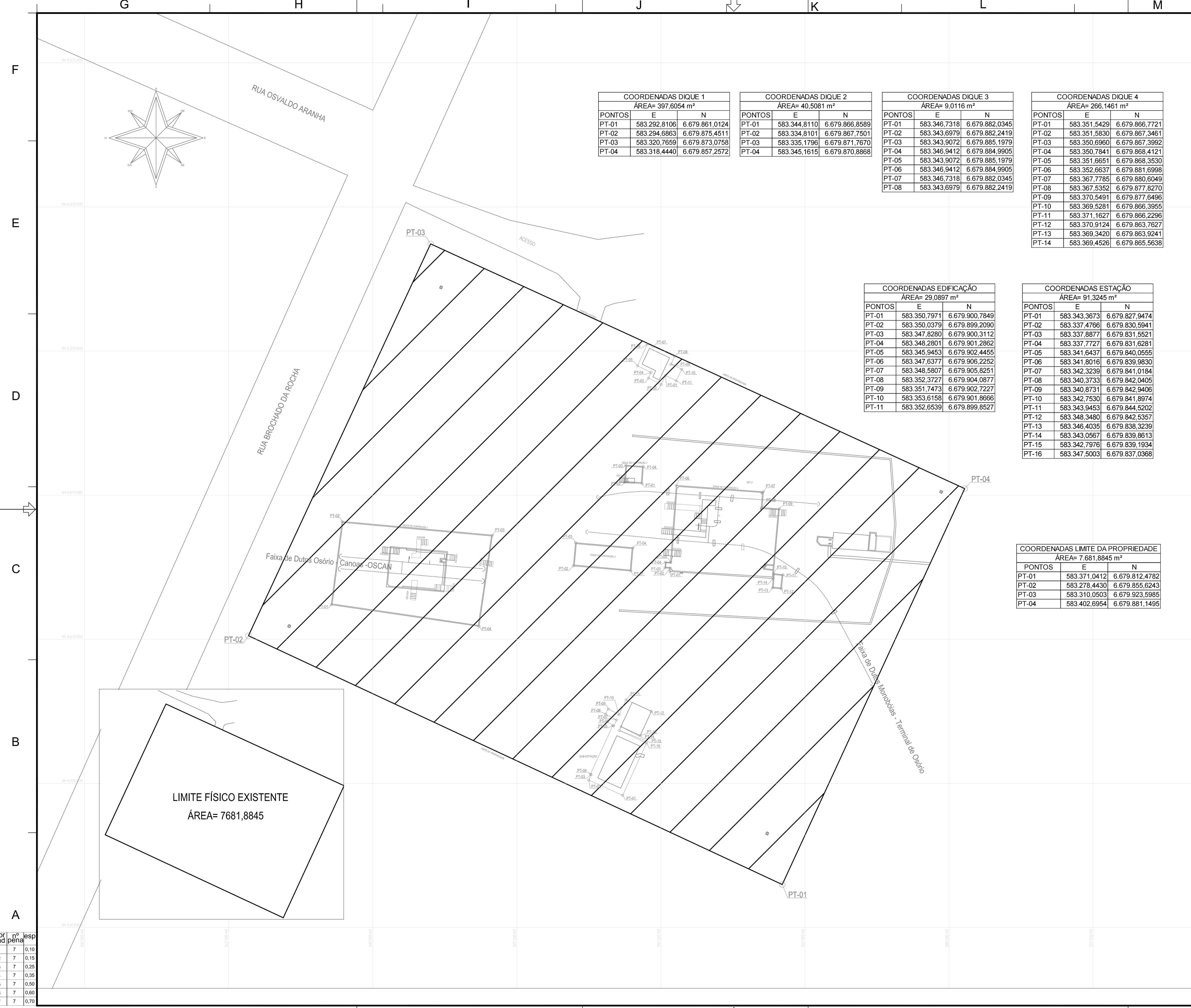
Responsáveis:

Eng. Felipe Geremia Nievinski
Eng. Manuella Fagundes
Discentes:
Douglas Leipelt
Maurício Kenji Yamawaki

Descrição do Produto:

Carta imagem com vértices da rede geodésica determinada no trabalho acadêmico de conclusão da disciplina GEO05028.
Coordenadas planimétricas produzidas via receptor GNSS.
Coordenadas altimétricas locais produzidas via nivelamento geométrico.

Planta topográfica do terreno da TRANSPETRO



COORDENADAS DIQUE 1		
ÁREA= 397,6054 m ²		
PONTOS	E	N
PT-01	583.292,8106	6.679.861,0124
PT-02	583.294,6863	6.679.875,4511
PT-03	583.320,7659	6.679.873,0758
PT-04	583.318,4440	6.679.857,2572

COORDENADAS DIQUE 2		
ÁREA= 40,5081 m ²		
PONTOS	E	N
PT-01	583.344,8110	6.679.866,8589
PT-02	583.334,8101	6.679.867,7501
PT-03	583.335,1796	6.679.871,7670
PT-04	583.345,1615	6.679.870,8868

COORDENADAS DIQUE 3		
ÁREA= 9,0116 m ²		
PONTOS	E	N
PT-01	583.346,7318	6.679.882,0345
PT-02	583.343,6979	6.679.882,2419
PT-03	583.343,9072	6.679.885,1979
PT-04	583.346,9412	6.679.884,9905
PT-05	583.343,9072	6.679.885,1979
PT-06	583.346,9412	6.679.884,9905
PT-07	583.346,7318	6.679.882,0345
PT-08	583.343,6979	6.679.882,2419

COORDENADAS DIQUE 4		
ÁREA= 266,1461 m ²		
PONTOS	E	N
PT-01	583.351,5429	6.679.866,7721
PT-02	583.351,5830	6.679.867,3461
PT-03	583.350,6960	6.679.867,3992
PT-04	583.350,7841	6.679.868,4121
PT-05	583.351,6651	6.679.868,3530
PT-06	583.352,6637	6.679.881,6998
PT-07	583.367,7785	6.679.880,6049
PT-08	583.367,5352	6.679.877,8270
PT-09	583.370,5491	6.679.877,6496
PT-10	583.369,5281	6.679.866,3955
PT-11	583.371,1627	6.679.866,2296
PT-12	583.370,9124	6.679.863,7627
PT-13	583.369,3420	6.679.863,9241
PT-14	583.369,4526	6.679.865,5638

COORDENADAS EDIFICAÇÃO		
ÁREA= 29,0897 m ²		
PONTOS	E	N
PT-01	583.350,7971	6.679.900,7849
PT-02	583.350,0379	6.679.899,2090
PT-03	583.347,8280	6.679.900,3112
PT-04	583.348,2801	6.679.901,2862
PT-05	583.345,9453	6.679.902,4455
PT-06	583.347,6377	6.679.906,2252
PT-07	583.348,5807	6.679.905,8251
PT-08	583.352,3727	6.679.904,0877
PT-09	583.351,7473	6.679.902,7227
PT-10	583.353,6158	6.679.901,8666
PT-11	583.352,6539	6.679.899,8527

COORDENADAS ESTAÇÃO		
ÁREA= 91,3245 m ²		
PONTOS	E	N
PT-01	583.343,3673	6.679.827,9474
PT-02	583.337,4766	6.679.830,5941
PT-03	583.337,8877	6.679.831,5521
PT-04	583.337,7727	6.679.831,6281
PT-05	583.341,6437	6.679.840,0555
PT-06	583.341,8016	6.679.839,9830
PT-07	583.342,3239	6.679.841,0184
PT-08	583.340,3733	6.679.842,0405
PT-09	583.340,8731	6.679.842,9406
PT-10	583.342,7530	6.679.841,8974
PT-11	583.343,9453	6.679.844,5202
PT-12	583.348,3480	6.679.842,5357
PT-13	583.346,4035	6.679.838,3239
PT-14	583.343,0567	6.679.839,8613
PT-15	583.342,7976	6.679.839,1934
PT-16	583.347,5003	6.679.837,0368

COORDENADAS LIMITE DA PROPRIEDADE		
ÁREA= 7,681,8845 m ²		
PONTOS	E	N
PT-01	583.371,0412	6.679.812,4782
PT-02	583.278,4430	6.679.855,6243
PT-03	583.310,0503	6.679.923,5985
PT-04	583.402,6954	6.679.881,1495



NOTAS GERAIS

1) O LEVANTAMENTO APRESENTADO NESTE DESENHO FOI ORIGINALMENTE REALIZADO UTILIZANDO O SISTEMA DE COORDENADAS UTM SAD69.

2) OS VALORES DE COORDENADAS DOS PONTOS FORAM CONVERTIDOS PARA O SISTEMA DE COORDENADAS UTM SIRGAS 2000 ATRAVES DO SOFTWARE ARCGIS

Datum Vertical (SIRGAS 2000)
Datum Horizontal (Imbituva - SC)
Sistema de Coordenadas UTM
Meridiano Central(51°W)

REV.	EMISSÃO ORIGINAL	DATA	EXEC.	VERIF.	APROV.
0		30/08/2014	CAROLINE	JULIANO	SERGIO
1	DESCRIÇÃO		EXEC.	VERIF.	APROV.

AS INFORMAÇÕES DESTES DOCUMENTOS SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DE SUA FINALIDADE. FÓRMULARIO PERTENCENTE A NORMA N-381.

SENOCRAFIA

RESP TÉCNICO: Daniel H. S. Alvarado
A.R.T.: 20144097852

CREA-PR Nº: PR-29287/D

PETROBRAS

CLIENTE: TRANSPETRO/PRES/SE/ENG/STSUL/TEC

PROGRAMA: ALFANDEGAMENTO DOS TERMINAIS OPERADOS PELA TRANSPETRO

ÁREA: TERMINAL AQUAVIÁRIO DE OSÓRIO - TEDUT

TÍTULO: TERMINAL AQUAVIÁRIO DE OSÓRIO - TEDUT FAROL - PLANTA DE SITUAÇÃO

PROJ: SENOCRAFIA
ESCALA: 1/300

EXEC: CAROLINE O. PREIMA
VERIF: JULIANO P. KAPPELLER
APROV: SÉRGIO M. ANTOL

DATA: 30/08/2014
FOLHA: 1 de 1

Nº: DE-4400.01-9300-942-OAE-004

col	nº	esp
cad	pena	
1	7	0,10
2	7	0,15
3	7	0,25
4	7	0,35
5	7	0,50
6	7	0,60
7	7	0,70

Carta Náutica – Proximidades de Tramandaí



BRASIL - COSTA SUL PROXIMIDADES DE TRAMANDAÍ

PROFUNDIDADES EM METROS
ESCALA 1:50 000 (29° 57',5)

Profundidades em metros reduzidas aproximadamente ao nível da baixa-mar média de sizígia.
Altitudes em metros acima do nível médio do mar.
Pontões e referidos ao Datum Córrego Alegre - MG.
Sinal de Navegação: Sistema de Balizamento Marítimo da IALA - Região B.
Projeção: Mercator
Levantamentos: Toda a hidrografia é oriunda de levantamentos efetuados pela Marinha do Brasil até 1962.

POSICIONAMENTO POR SATELITE

As posições dadas pelo sistema de navegação satélite, referidas ao WGS-84, devem ser corrigidas 0,04 minuto para NORTE e 0,08 minuto para LESTE a fim de serem dadas no sistema SLM.

CORRENTE

A intensidade e direção da corrente variam de acordo com a intensidade, direção e duração do vento predominantemente, alcançando dois (2) nós ou mais.

RECOMENDAÇÃO

Os navegantes devem evitar o tráfego dentro dos limites da área de atuação do Terminal Marítimo "Almirante Soares Dutra" e o tráfego nas proximidades de iluminação e da área de amarração sistema SSM.

VENTO	CORRENTE
NC	S
E	SSW
SE	para para costa, mar grosso
S	NW
SW	N

FUNDADEIROS
A Fundadeiro para navios que se destinam à manobras n°1.
B Fundadeiro para navios que se destinam à manobras n°2.
C Fundadeiro para navios em reparo ou aguardando ordens.

