

ANÁLISE LOCAL DA ALTITUDE ORTOMÉTRICA OBTIDA ATRAVÉS DE POSICIONAMENTO RELATIVO E A ALTITUDE NIVELADA

*Local analysis of the height orthometric obtained through relative positioning
and height leveled*

Fabrício Pacheco Trescastro

Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS

Curso de Especialização em Informações Espaciais Georreferenciadas

Av. Unisinos, 950 – Bloco 6A - Caixa Postal 275 – 93.022-000 – Bairro Cristo Rei - São Leopoldo – RS, Brasil
trescastro.eng@gmail.com

Adriane Brill Thum

Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS

Curso de Especialização em Informações Espaciais Georreferenciadas

Av. Unisinos, 950 – Bloco 6A - Caixa Postal 275 – 93.022-000 – Bairro Cristo Rei - São Leopoldo – RS, Brasil
ADRIANEBT@unisinos.br

Resumo:

Esse trabalho tem como objetivo avaliar, na cidade de Porto Alegre, a utilização de diferentes técnicas de nivelamento. Foram utilizados para fins do estudo vinte e seis pontos ocupados com receptores GNSS de dupla frequência (L1/L2) e nivelados geometricamente, os dados foram obtidos durante o ano de 2015. Os pontos foram processados considerando duas alternativas, ALTERNATIVA 1: Posicionamento Relativo utilizando como base um ponto definido através de posicionamento estático, ajustado a RBMC; ALTERNATIVA 2: Posicionamento Relativo utilizando como base a estação POAL da RBMC. Com posse da ondulação Geoidal, obtida através do MAPGEO 2010, foi definido a altitude Ortométrica dos mesmos, essa altitude foi comparada estaticamente com a altitude nivelada concluindo que quando utilizada uma estação da RBMC para o processamento dos dados os resultados são melhores, ou seja, os dados provenientes da ALTERNATIVA 2 foi o melhor resultado.

Palavras-chave: Nivelamento, Altitude Nivelada, Altitude Ortométrica.

Abstract

This study aims to evaluate, in the city of Porto Alegre, the use of different leveling techniques. We were used to study the twenty-six points purposes busy with dual frequency GNSS receivers (L1 / L2) and level geometrically, the data were obtained during the year 2015. The points were processed considering two alternatives, ALTERNATIVE 1: Relative Positioning using as a basis a point defined by static positioning, adjusted to RBMC; ALTERNATIVE 2: Relative Positioning using as a base the POAL station RBMC. With possession of the geoid undulation, obtained by MAPGEO2010, the orthometric height thereof was set, this elevation was compared statistically to the level elevation concluded that when using a RBMC station to the data processing results are better, ie data from ALTERNATIVE 2 was the best result.

Keywords: Evening, Leveled Altitude, Altitude orthometric.

1 INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica é um fator muito importante na vida dos seres humanos, assim pode se estudar melhor o meio em que vive se avançando em novas descobertas. A geotecnologia contribui no estudo da Terra e essa nova técnica ainda precisa ser muito explorada.

Para a execução de obras, projetos e estudos de barragens, rios, portos, redes de água, redes de esgoto, etc., é necessário conhecer a topologia do terreno, suas curvas de nível e respectivas altitudes que tem uma referência altimétrica. A referência altimétrica utilizada pelo SGB (Sistema Geodésico Brasileiro) leva em consideração o nível médio dos mares, o marégrafo utilizado para medir este nível está situado na cidade de Imbituba no Estado de Santa Catarina.

As metodologias no campo da topografia convencional difundiram ao passar dos anos técnicas para transportar cotas. Apesar da técnica de nivelamento geométrico ser a mais utilizada é também a mais morosa, para isso estudos que possam evoluir técnicas de nivelamento através de informações espaciais georreferenciadas precisam ter maior atenção.

Os receptores GNSS (Global Navigation Satellite System) fornecem a altitude geométrica que é referente ao elipsoide, para a obtenção da altitude Ortométrica (possui significado físico) é necessário conhecer o modelo Geoidal e a diferença, em um dado ponto, do geoide para o elipsoide, essa diferença é chamada de ondulação Geoidal.

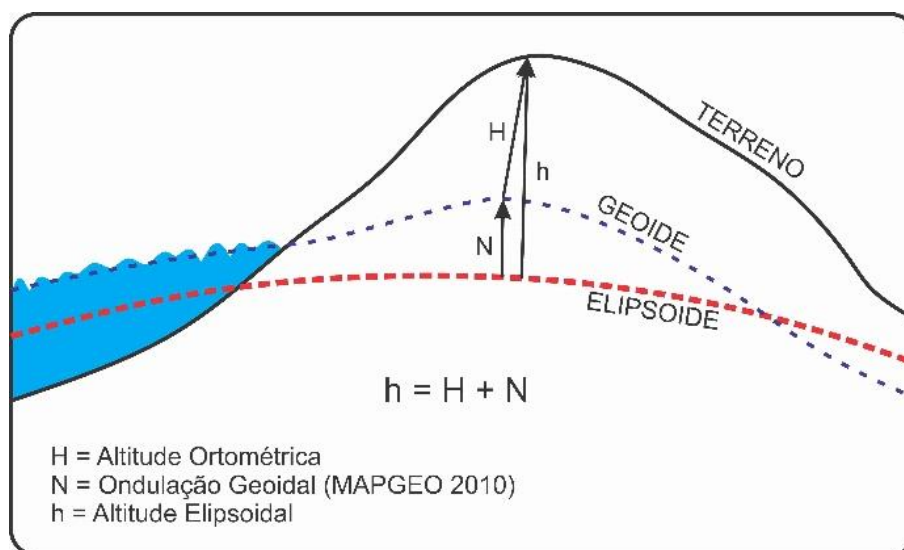


Figura 1 - Relação entre altura Elipsoidal e altitude Ortométrica. Adaptada do livro de SILVA (2015).

Com a topografia convencional o transporte de cotas é regido por normas consagradas de nivelamento geométrico, já com um uso de receptores GNSS o fator intrínseco para a obtenção de um bom resultado é a necessidade de um modelo Geoidal melhor calibrado.

O geoide gravimétrico é obtido através de levantamentos realizados com equipamentos que fornecem o potencial gravimétrico em um dado ponto e softwares para geração do modelo digital. Por um lado, temos técnicas centenárias de topografia convencional, por outro lado uma

tecnologia em constante evolução que considera informações espaciais, logo, verifica-se a suma importância o estudo e validação de dados obtidos através das diversas técnicas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo apresenta-se um referencial teórico baseado na temática central e os principais assuntos relacionados como complemento de pesquisa.

Conforme CASACA (2013) a superfície do geóide apresenta ondulações irregularmente atribuídas, no exterior das massas terrestres, e é difícil definir o seu prolongamento para o interior das referidas massas. Em Geodésia, com o objetivo de aprimorar o geóide por uma superfície esferoidal mais regular é utilizado o chamado potencial gravítico normal que resulta da substituição do potencial gravitacional terrestre pelo potencial gravitacional normal. O potencial gravítico num ponto P é a soma dos vários potenciais dos quais os mais significativos e com menores variações temporais são o potencial gravitacional terrestre e o potencial centrífugo.

O modelo de ondulação Geoidal, MAPGEO 2010, segundo o IBGE (2015), foi avaliado utilizando-se as alturas geoidais obtidas pela diferença entre as altitudes Ortométricas oriundas do nivelamento geométrico de referências de nível (RRNN) em conexão com pontos cujas altitudes elipsoidais foram obtidas por técnica GNSS. Tais pontos foram selecionados através de criterioso estudo realizado na Rede Altimétrica Brasileira, identificando-se as conexões pertencentes a linhas de nivelamento fechadas e, conseqüente, valores de altitudes ajustados.

A definição, implantação e manutenção do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) é de responsabilidade do IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Para a determinação das ondulações do geóide são utilizados métodos gravimétricos que usam uma abordagem física, baseada na gravidade. Os métodos gravimétricos baseiam-se na comparação da gravidade, medida na superfície da Terra (nos continentes ou nos oceanos), com a gravidade normal correspondente, CASACA (2013).

De acordo com o IBGE (2015) a altitude determinada utilizando um receptor GNSS não está relacionada ao nível médio do mar (ou, de forma mais rigorosa, ao geóide), mas a um elipsoide de referência com dimensões específicas. Portanto, torna-se necessário conhecer a diferença entre as superfícies do geóide e do elipsoide, isto é, a altura (ou ondulação) Geoidal, para que se possa obter a altitude acima do nível médio do mar (denominada Ortométrica). Essa diferença entre as superfícies chamada de ondulação Geoidal é obtida através do modelo Geoidal, MAPGEO, desenvolvido pelo IBGE.

A distância contada desde a superfície do geóide até o ponto na superfície física da Terra ao longo da linha vertical é definida como altitude Ortométrica (H) do ponto (FREITAS E BLITZKOW, 1999).

Para SILVA (2015) a determinação da posição geográfica de um ponto, a partir da recepção de sinais emitidos por satélites artificiais, é realizada aplicando-se o princípio da trilateração espacial, tomando as coordenadas dos satélites como ponto de referência. O sistema de posicionamento por meio de sinais emitidos por constelações de satélites artificiais que hoje recebe o nome de Global Navigation Satellite System – GNSS é composto atualmente por quatro sistemas individuais, que são: o GPS, o GLONASS, o GALILEO e o BEIDU. O sistema GNSS é um sistema de posicionamento global que possibilita ao usuário determinar sua posição tridimensional em qualquer lugar da Terra ou em suas proximidades, em relação a um sistema de coordenadas predefinido.

Conforme MONICO (2000) o referencial horizontal do SGB é definido sob a condição de paralelismo entre o seu sistema de coordenadas cartesianas e o do CTRS (Conventional Terrestrial Reference System – Sistema de Referência Terrestre Convencional). A figura geométrica da Terra é definida pelo elipsoide de Referência 1967. Nessa definição fica implícito que o semi-eixo menor do elipsoide é paralelo ao plano meridiano de Greenwich, tal como definido pelo BIH (Bureau International de L’Heure).

Dá-se o nome de posicionamento relativo ao posicionamento GNSS em que são utilizados dois ou mais receptores rastreando os mesmos satélites em um determinado tempo. O princípio do método consiste em utilizar um ponto de coordenadas conhecidas, sobre o qual é instalado o conjunto antena/ receptor, denominados de receptor base (referência) e proceder à determinação das coordenadas dos pontos remotos, a partir da instalação de outro conjunto antena/receptor sobre eles, SILVA (2015).

Será denominada altitude nivelada aquela resultante da operação de nivelamento geométrico (FREITAS E BLITZKOW, 1999).

De acordo com a NBR 13133 (ABNT, 1994) nivelamento geométrico (ou nivelamento direto) é o nivelamento que realiza a medida da diferença de nível entre pontos do terreno por intermédio de leituras correspondentes a visadas horizontais, obtidas com um nível, em miras colocadas verticalmente nos referidos pontos.

Segundo o estudo realizado por ARANA (2014), sobre a associação GNSS/Nivelamento ao MAPGEO2010 na determinação da ondulação Geoidal, na região de Maringá e Presidente Prudente, foram encontradas dispersões de 11,0 cm e de 17,6 cm, consequentemente.

3 ÁREA DE ESTUDO

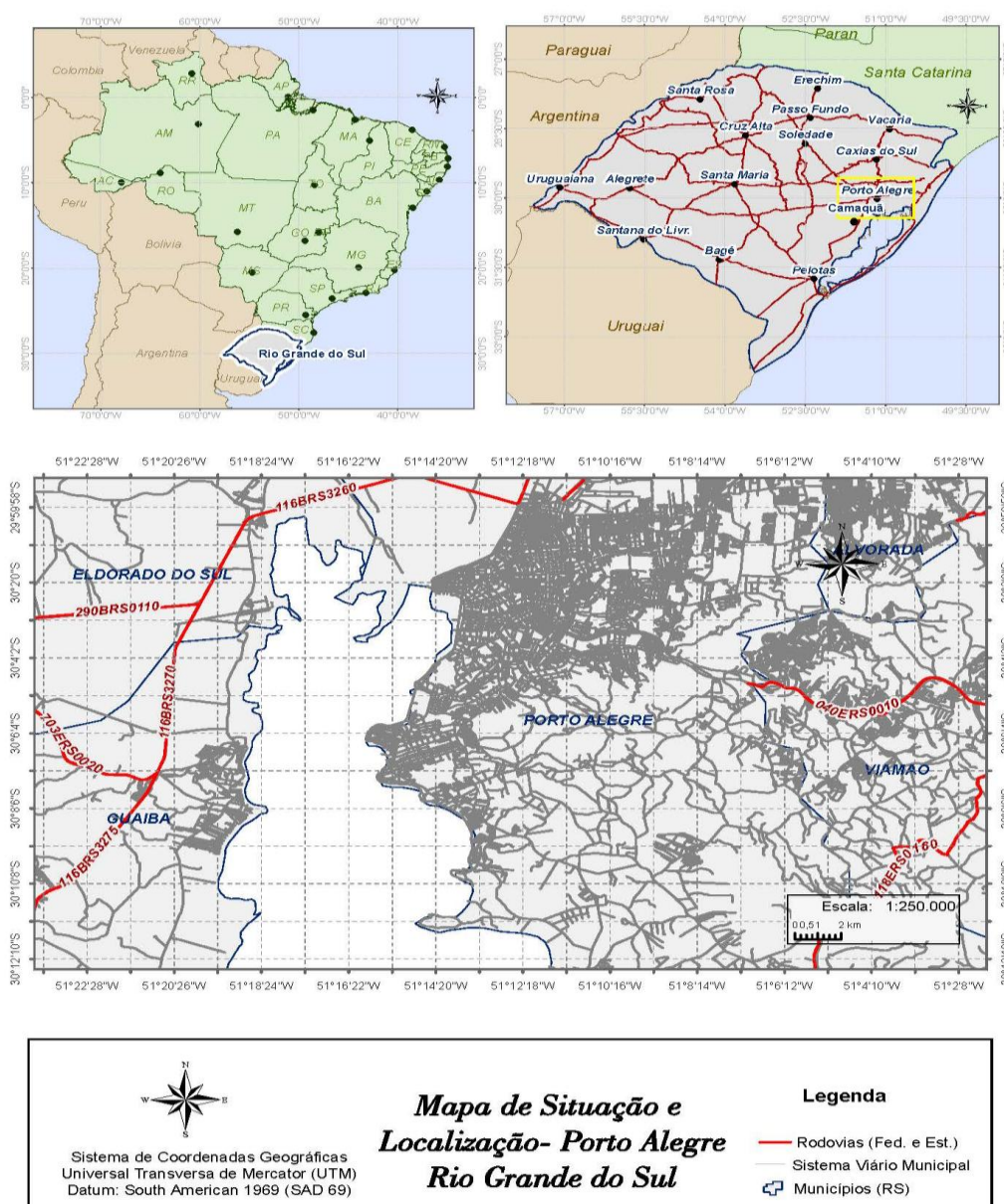


Figura 2 - Mapa de Situação e Localização

4 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização dessa pesquisa foi traçado um plano de coleta dos pontos conforme a Figura 3.

ORGANOGRAMA DA PESQUISA

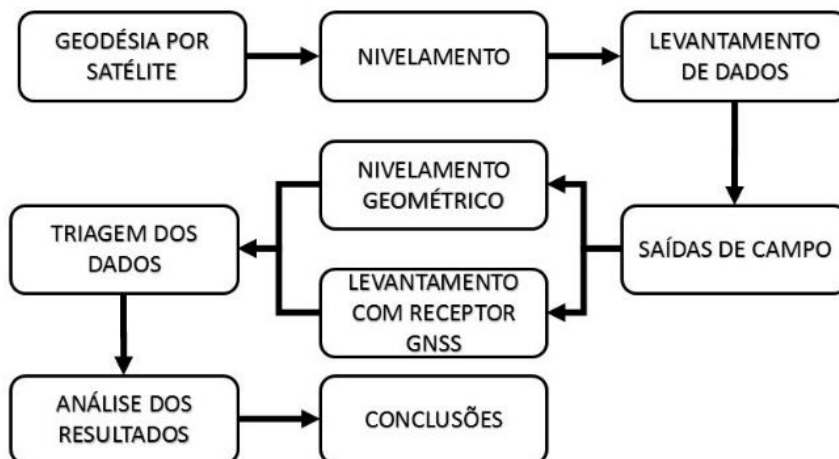


Figura 3 - Organograma da Pesquisa

Foram utilizados dados de receptores GNSS de dupla frequência, L1/L2, da marca South S86S, em 26 pontos espalhados na cidade de Porto Alegre, esses pontos foram ocupados em modo relativo. Todos os pontos tiveram um intervalo de ocupação com variação de 15 a 30 minutos, esse valor foi atribuído considerando a variação da distância das linhas base, menor que 20 km.

O posicionamento relativo foi realizado com receptores GNSS de dupla frequência, os equipamentos foram instalados sobre um bastão metálico de altura variável e fixados com ajuda de um bi-pé metálico com nível bolha. Após a coleta dos dados de campo os equipamentos foram descarregados no escritório em microcomputadores com o auxílio de cabos USB (Universal Serial Bus). Com os arquivos brutos descarregados os mesmos foram transformados para o formato RINEX e então processados no software Ashtech Solutions, essa transformação foi necessária, pois os equipamentos salvam os arquivos com um formato que varia de acordo com a marca do mesmo. Os pontos foram processados utilizando como base arquivos provenientes de um segundo receptor GNSS de dupla frequência, instalado simultaneamente em uma base conhecida. Também foram utilizados arquivos provenientes da estação POAL da RBMC.

Após o processamento dos pontos dos mesmos foram definidas as altitudes Elipsoidal. Com as coordenadas geodésicas definidas foi utilizado o software ProGrid (IBGE) para a conversão de coordenadas, logo após a conversão de UTM Norte e Este para Latitude e Longitude utilizou-se o software MAPGEO2010 para obtenção da ondulação Geoidal de cada ponto.

Os pontos foram também nivelados geometricamente conforme a NBR 13133 (ABNT, 1994) a partir de RRNN consagradas e homologadas pela prefeitura de Porto Alegre. Essas RRNN tem como referência o marégrafo de Imbituba, conforme o SGB.

O nivelamento foi realizado com a utilização de um nível ótico e régua, foram coletadas as informações obtidas através da leitura da régua de ré e vante, posteriormente calculadas as planilhas de campo e então aplicadas as tolerâncias para nivelamento geométrico conforme a

ABNT 13133 (NBR, 1994) e então obtidas as altitudes niveladas.

De posse das informações da altitude Elipsoidal e altitude nivelada, esses valores foram compilados em planilha excel para a avaliação do comportamento da variação da altitude Ortométrica e a altitude nivelada.

Para a obtenção da altura Elipsoidal foram considerados duas alternativas:

ALTERNATIVA 1: Posicionamento Relativo utilizando como base um ponto definido através de posicionamento estático, ajustado a RBMC.

ALTERNATIVA 2: Posicionamento Relativo utilizando como base a estação POAL da RBMC.

Em ambas alternativas foram calculadas as altitudes Ortométrica através da obtenção da ondulação Geoidal proveniente do software MAPGEO 2010.

Conforme orientação do IBGE para converter a altitude Elipsoidal (h), obtida através de receptores GNSS, em altitude Ortométrica (H), é necessário utilizar o valor da altura Geoidal (N) fornecida por um modelo de ondulação Geoidal, utilizando a seguinte expressão:

$$H = h - N \quad (1)$$

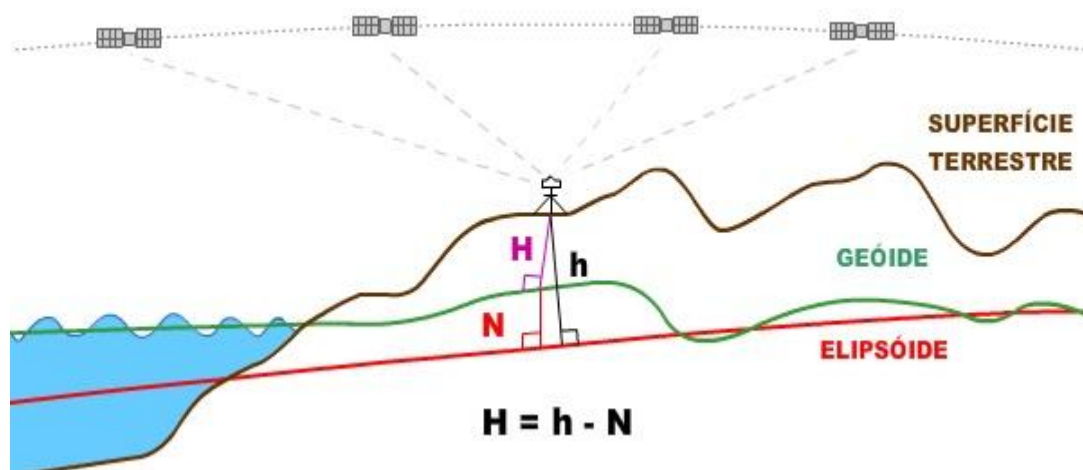


Figura 4 - Fonte: IBGE (2016)

A altitude nivelada de cada ponto foi obtida através do nivelamento geométrico que partiu de um Referência de Nível implantada pela Prefeitura Municipal de Porto Alegre em diversos pontos da cidade, a escolha da RN foi pela proximidade do ponto ocupado.

Com os valores das altitudes Ortométricas e nivelada dos pontos foi possível analisar estatisticamente o comportamento da variação altimétrica nos diferentes métodos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O resultado obtido das altitudes Ortométricas e nivelada estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Altitude Ortométrica e Nivelada dos Pontos

<i>Identificação do Ponto</i>	<i>Alternativa 1</i>	<i>Alternativa 2</i>	<i>Nivelamento</i>
	Altitude Ortométrica	Altitude Ortométrica	Altitude Nivelada
P01	8,204	8,163	7,676
P02	28,008	28,076	27,54
P03	39,97	39,945	39,435
P04	19,855	19,83	19,272
P05	19,375	21,364	20,826
P06	6,328	6,494	5,737
P07	6,403	6,484	5,71
P08	26,22	26,542	25,511
P09	29,828	29,808	29,285
P10	10,084	10,122	9,328
P11	9,641	9,669	8,926
P12	18,033	18,083	17,32
P13	17,738	17,764	17,02
P14	17,651	17,53	17,077
P15	16,117	16,015	15,559
P16	16,77	16,665	16,272
P17	17,812	17,761	17,316
P18	17,389	17,365	16,809
P19	23,106	23,046	22,517
P20	26,368	26,235	25,772
P21	19,482	19,338	19,876
P22	20,468	20,373	18,896
P23	58,92	58,778	58,461
P24	58,176	58,018	57,724
P25	78,675	78,542	78,018
P26	81,052	81,052	80,423

Para melhor análise dos resultados obtidos foi necessário aplicar uma análise estatística das amostras para verificar a variação da diferença altimétrica entre a aplicação das diferentes técnicas. Para o cálculo do desvio padrão foi utilizada a Equação 2.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i^N (X - \bar{X})^2}{N - 1}} \quad (2)$$

Onde,

X = Diferença entre a altitude nivelada e a Ortométrica

$\bar{X}$ = Média aritmética de X

N = Número de amostras

S = Desvio Padrão (amostra)

De acordo com MONTGOMERY (2003) a letra S é o símbolo estatístico para desvio-padrão, que é uma medida de variabilidade de um processo, ele mostra o quanto de variação ou "dispersão" existe em relação à média (ou valor esperado). Os resultados encontrados para o desvio padrão das amostras estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultado da Análise Estatística

	<i>Alternativa 1</i>	<i>Alternativa 2</i>
$\bar{X}$	0,6560	0,6089
N	26	26
S	0,2694	0,2423

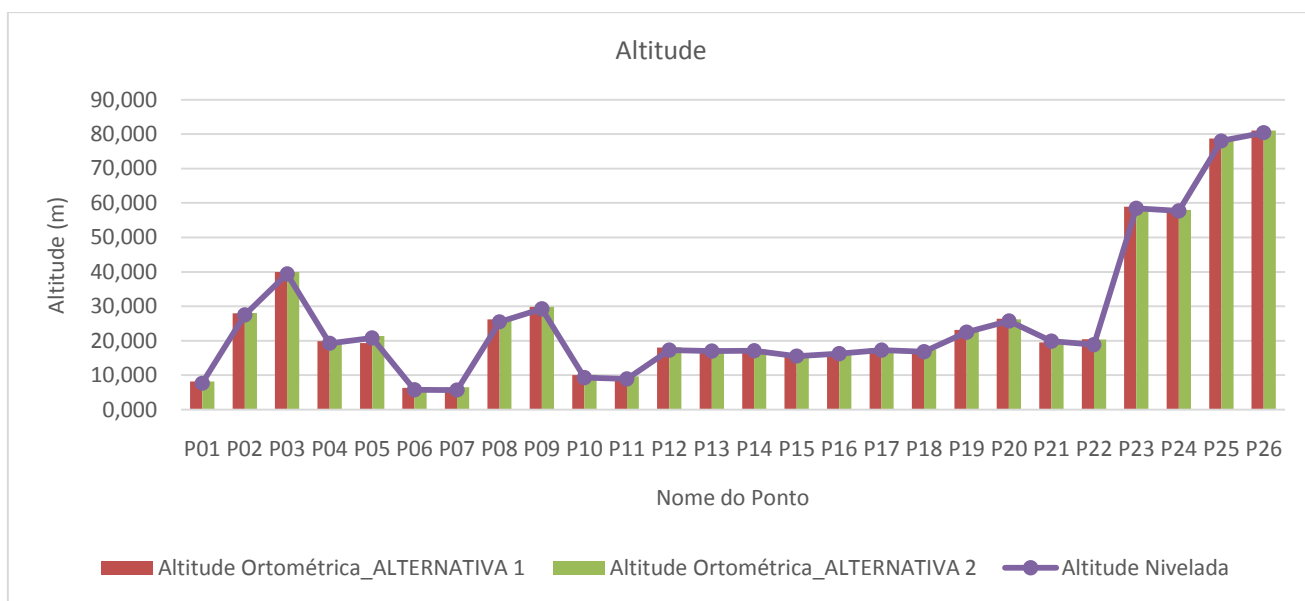


Figura 5 - Variação das altitudes Ortométricas em relação a altitude Nivelada

Conforme a Figura 5 é possível observar que a variação das altitudes é pequena, a Tabela 2 reitera essa afirmação comprovando estatisticamente.

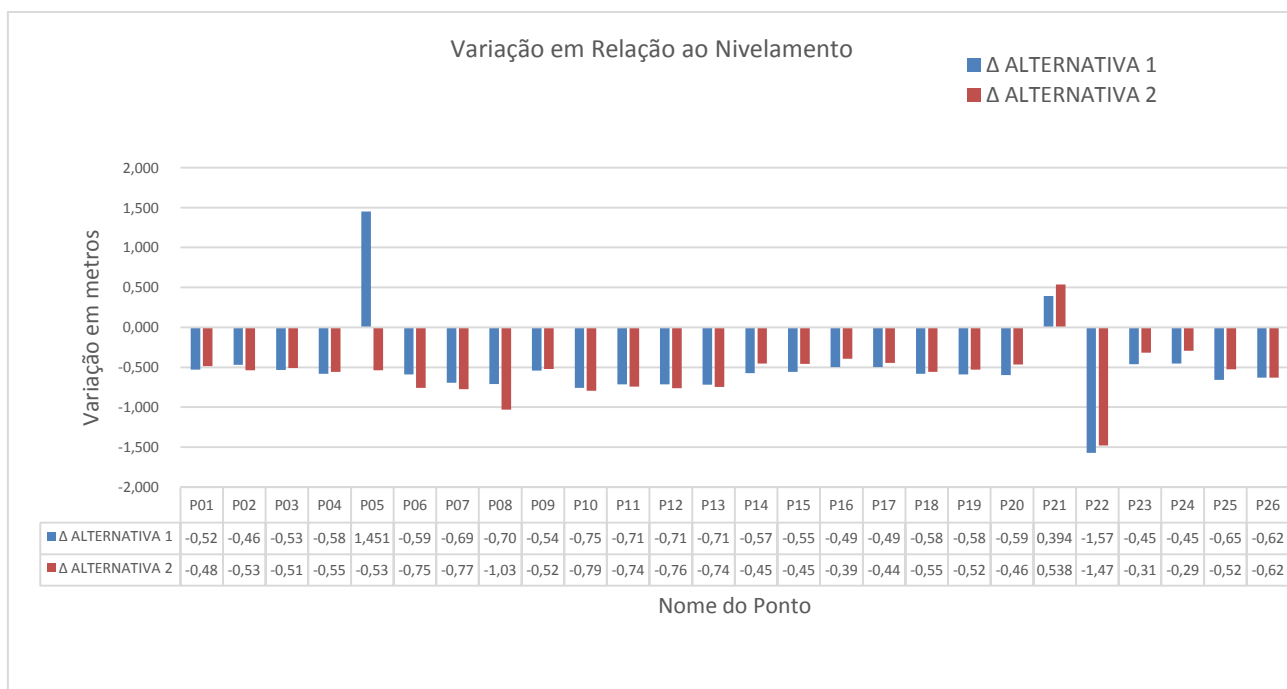


Figura 6 - Variação das altitudes Ortométricas em relação a altitude Nivelada

A Figura 6 ilustra a variação das altitudes Ortométricas em relação a altitudes nivelada dos pontos.

Esse estudo comparativo pode alertar aos profissionais da área quanto ao uso das diferentes técnicas. Vale ressaltar que as bases teóricas apontam a utilização de dados gravimétricos para a obtenção de dados altimétricos, ainda que o modelo Geoidal fornecido pelo IBGE utilize gravimetria há alguns ajustes a serem realizados.

Na execução de obras de engenharia se exige o nivelamento geométrico, quando esta for de alta precisão e georreferenciada (vinculada ao SGB) ou para garantir a concordância com demais obras que estão referenciadas a este sistema.

6 CONCLUSÕES

Com os resultados do presente trabalho pode-se observar a variação entre a altitude nivelada e a altitude ortométrica.

Analisando essas variações, para a realização de levantamentos planialtimétricos ou nivelamentos onde seja necessária alta precisão, a técnica de posicionamento relativo não deve ser aplicada.

O Posicionamento Relativo utilizando como base a estação POAL da RBMC foi mais preciso com média de variação e desvio padrão menor quando comparado com a Alternativa 1.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a ENCOP Engenharia LTDA pelo fornecimento dos dados de campo, a professora Adriane Brill Thum pela orientação do trabalho e a UNISINOS pelo curso de Informações Espaciais Georreferenciadas que acrescentou muito ao meu conhecimento fazendo assim poder crescer e agregar ao meio científico.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133/94**, Execução de Levantamento Topográfico. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1994. 35 p.

ARANA, Daniel – **Associação GNSS/Nivelamento ao MAPGEO2010 na Determinação da Ondulação Geoidal**. V Simpósio Brasileiro de Ciência Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Novembro de 2014.

CASACA, João Martins – **Topografia Geral. 4.ed.** João Martins Casaca, João Luís de Matos, José Miguel Baio Dias; Tradução Luiz Felipe Coutinho Ferreira da Silva, Douglas Corbari Corrêa. – [Reimpr.]. – Rio de Janeiro: LTC, 2013. 208 p.

FREITAS, S.R.C.; BLITZKOW, D. **Altitudes e geopotencial**. IGES Bulletin – Special Issue for South America, n. 9, 1999, p. 47-62.

IBGE (Fundação Instituto de Geografia e Estatística) – 2015 – Informações obtidas na página mantida pelo IBGE na internet: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 14 fev. 2016.

MONICO, João Francisco Galera – **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: descrição – fundamentos e aplicações / João Francisco Galera Mônico**. – São Paulo: Editora UNESP, 2000. 289 p.



12º Congresso de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial
10º Encontro de Cadastro Técnico Multifinalitário para os países do Mercosul
7º Encontro de Cadastro Técnico Multifinalitário para os países da América Latina
ISBN 1980 - 4520

MONTGOMERY, Douglas C.; RUNGER, George C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. Tradutora Verônica Calado. 2.ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003. 463 p.

SILVA, I.; SEGANTINI, P. C. L.. **Topografia para Engenharia - Teoria e Prática de Geomática**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2015. v. 1. 412p.