

ANÁLISE DA CONSISTÊNCIA DOS DADOS DAS REFERÊNCIAS DE NÍVEL DO SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO EM ITAQUI/RS

Aroyto Pereira de Sousa Cardoso Bacuri¹

Táise Gonçalves de Sales²

Samuel Tarso da Silva³

Robert Martins Da Silva⁴

Leonard Niero da Silveira⁵

Resumo:

Este presente trabalho analisou as referências de nível (RRNN) pertencentes à rede de 1ª ordem do IBGE existentes no perímetro urbano de Itaqui, a verificação das RNs se dera por meio de nivelamento geométrico, utilizando-se o nível digital da marca Leica®, com precisão de ± 2 mm por km de duplo nivelamento. Para isso, foram implantados 5 circuitos de nivelamento geométrico entre as RRNN. O Circuito 1, entre as RN1931B e RN1923T, o erro de fechamento do nivelamento duplo foi de +1,00 mm para um descolamento de 2.316,37 m. No Circuito 2, compreendido pelas RN1923X e RN1931B, o erro foi de +4,00 mm para um alcance percorrido de 2.589,750 m. Para o Circuito 3, estabelecido entre as RN1923X e RN1931A, o erro de fechamento do duplo nivelamento foi de +5,00 mm para uma extensão de 4.089,750 m. Para o Circuito 4 dentre as RN1923X e RN1931B, com erro de -11,00 mm no duplo nivelamento para o trajeto percorrido de 4503,980 m, finalmente no Circuito 5 o erro foi de -8,00 mm no nivelamento geométrico com a extensão de 4.721,780 m. Todos os circuitos de nivelamentos obtiveram erro inferior ao máximo permitido segundo a Classe IN da NBR13.133, que é de 12mmkm.

Palavras-chave: Referência de nível. Geodésia. Nivelamento Geométrico.

Modalidade de Participação: Iniciação Científica

ANÁLISE DA CONSISTÊNCIA DOS DADOS DAS REFERÊNCIAS DE NÍVEL DO SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO EM ITAQUI/RS

¹ Aluno de graduação. aroytopscardoso@gmail.com. Autor principal

² Aluno de graduação. taise.g14@gmail.com. Apresentador

³ Aluno de Graduação. samucaurg@gmail.com. Co-autor

⁴ Docente. robertsilva@unipampa.edu.br. Orientador

⁵ Docente. leonardsilveira@unipampa.edu.br. Co-orientador

ANÁLISE DA CONSISTÊNCIA DOS DADOS DAS REFERÊNCIAS DE NÍVEL DO SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO EM ITAQUI/RS

1 INTRODUÇÃO

Para as obras de engenharia, o conhecimento da altitude ortométrica reveste-se de vital importância devido ao seu sentido físico (afetada pela gravidade). No Brasil a rede vertical oficial foi implantada pelo IBGE denominada de Rede Altimétrica de Alta Precisão (RAAP) sendo constituída por um conjunto de pontos materializados ao longo do território brasileiro (RRNN). Possui como datum vertical a superfície que coincide com a superfície equipotencial que contém o nível médio do mar (NMM), “marco zero”, definido pelas observações maregráficas no porto de Imbituba, no Estado de Santa Catarina (ALENCAR, 1990).

Para a implantação do sistema de referência materializada na superfície física da Terra é necessário a obtenção das altitudes a partir de um ponto inicial, *Datum*, determinada por meio de nivelamento geométrico, trigonométrico, barométrico ou por técnicas espaciais (FREITAS; BLITZKOW, 1999).

A escolha do tipo de altitude e a superfície de referência a ser empregada são fundamentais em aplicações práticas da engenharia, isto se deve ao fato que a altitude poderá ter apenas o sentido geométrico ou físico, este último rege o fluxo natural da água (BLITZKOW; CAMPOS; FREITAS, 2004).

Dentre as altitudes conhecidas temos as altitudes geométricas que associam duas superfícies de referência e as altitudes científicas que estão vinculadas ao campo de gravidade, e poderá ter uma interpretação geométrica associada.

A partir do nivelamento trigonométrico pode-se obter a altitude ortométrica, porém com precisão inferior, devido aos erros sistemáticos ocasionados pela verticalidade do aparelho e ser necessário medir a altura do instrumento por trena.

Com a advento das novas tecnologias de posicionamento baseado em satélites artificiais, o conhecimento do geoide se tornou ainda mais importante, pois as altitudes obtidas são referenciadas ao elipsoide.

Para a conversão da altitude elipsoidal em altitude ortométrica, é necessário a altura geoidal do vértice, no entanto, o modelo geoidal brasileiro não é tão preciso, tendo valores de discrepância de aproximadamente $\pm 17\text{cm}$ (MATOS et al., 2016). A altura geoidal ou ondulação do geoide (N), é determinada como a distância vertical entre o elipsoide de revolução e o geoide (TORGE; MÜLLER, 2012).

Rodrigues et al. (1999) demonstra como o IBGE classifica as RNs de acordo com seu estado de conservação e condições de uso para atividades de exigem precisão geodésica em: bom, destruído, destruído sem chapa, destruído com chapa danificada, não encontrado e não visitado. Essa conceituação possibilita atender profissionais da área de Geomática para a execução de trabalhos com precisão geodésica, assim como trabalhos que ordenam menor precisão como levantamentos cartográficos e topográficos de menor precisão.

Neste contexto, o presente trabalho analisou as referências de nível (RRNN) pertencentes à rede de 1ª ordem do IBGE existentes no perímetro urbano de Itaqui, a verificação das RRNN se dera por meio de nivelamento geométrico, utilizando-se o nível digital da marca Leica®, com precisão de $\pm 2\text{ mm}$ por km de duplo nivelamento. Para isso, foram implantados 5 circuitos de nivelamento geométrico entre as RRNN, e todos os 5 circuitos de nivelamentos deverão ter erro máximo permitido segundo a Classe IN da NBR13.133, que é de $12\text{mm} \cdot x\sqrt{k}$.

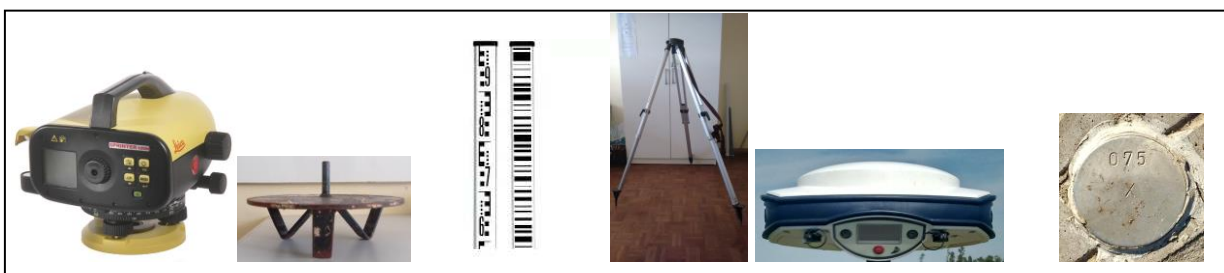
Com isso, pode-se realizar o adensamento das RRNN no perímetro urbano de Itaqui para futuras obras de engenharia e simultaneamente estabelecer a criação da base cartográfica, pois apresentam no seu conteúdo básico as informações territoriais necessárias ao

desenvolvimento de planos, de anteprojetos, de projetos, de cadastro técnico e imobiliário fiscal, de acompanhamento de obras e de outras atividades projetuais que devam ter o terreno como referência.

2 METODOLOGIA

Para a implementação deste experimento da verificação foi utilizado um nível eletrônico da marca Leica®, modelo SPRINTER100M com precisão de $\pm 2\text{mm}$ por km de duplo nivelamento, uma sapata topográfica, uma mira graduada em código de barras, cinco receptores *GNSS* marca Ashtech modelo ProMark500 dupla frequência (L1/L2) com precisão de $\pm (3\text{mm} + 1\text{ppm})$. Os equipamentos e acessórios utilizados são mostrados na Figura 1.

Figura 1- Equipamentos e acessórios utilizados.

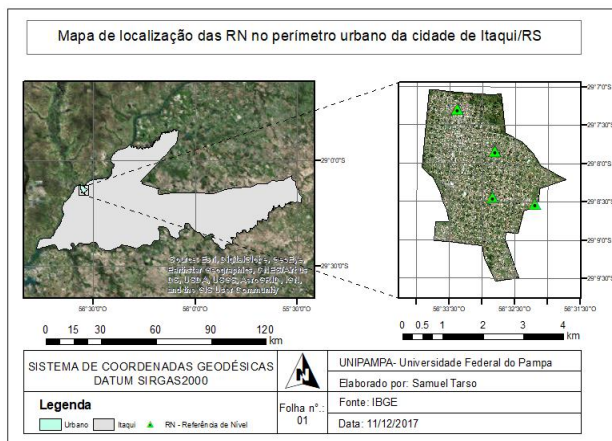


Fonte: do autor, 2018.

Para os cálculos dos nivelamentos geométricos foi utilizado o software Posição® e para o processamento dos dados *GNSS* foi utilizado o TopCon Tools®.

Inicialmente foi realizada a visita técnica *in loco* das RRNN para a verificação preliminar das condições físicas das mesmas. A área de estudo está localizada no perímetro urbano do município de Itaqui, Fronteira Oeste do Estado do Rio Grande do Sul, entre as latitudes $29^{\circ}07'18''$ S e $29^{\circ}08'32''$ S e longitudes $56^{\circ}33'23''$ W e $56^{\circ}32'11''$ W, de acordo com a Figura 2.

Figura 2- Mapa de localização do perímetro urbano da cidade de Itaqui-RS, e disposição das RRNN utilizadas no estudo.

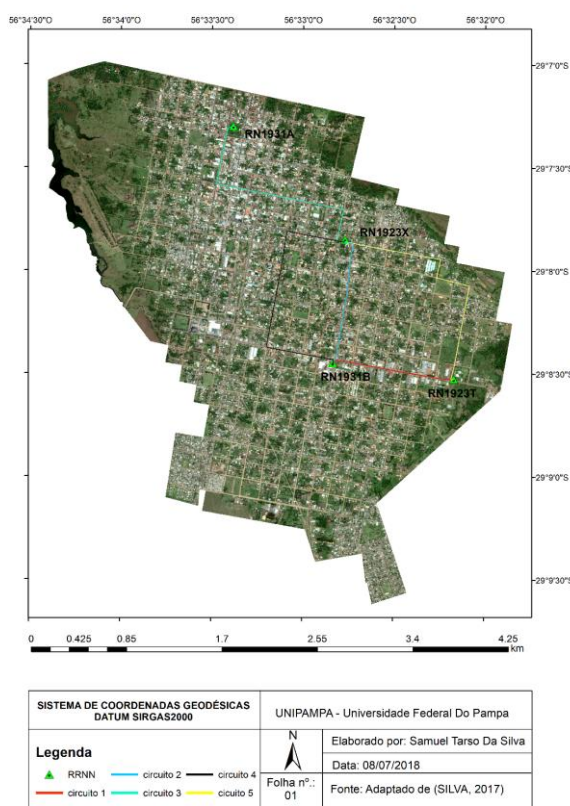


Fonte: dos autores, 2018.

Foram executadas cinco linhas de duplo nivelamento geométrico (nivelamento e contranivelamento) entre as RRNN presentes no perímetro urbano de Itaqui, sendo que entre as estações RN1923X e RN1931B foram percorridos dois caminhos distintos, identificados como circuito 2 e circuito 4, como representado na Figura 3.

Todos os nivelamentos geométricos ficaram com a precisão de fechamento melhor que o especificado para a classe IN, conforme consta na NBR 13.133 – Execução de Levantamento Topográfico (ABNT, 1994), se aproximando das precisões exigidas para nivelamentos geométricos com a finalidade de determinação das altitudes ortométricas para aplicações geodésicas.

Figura 3 - Circuitos de nivelamentos de 2ª ordem das RRNN no perímetro urbano da cidade de Itaqui-RS.



Fonte: dos autores, 2018.

Para que não ocorressem erros grosseiros, fez-se o uso da sapata topográfica e também da materialização de chapas metálicas fixadas em cada esquina, geralmente em estruturas de concretos como meios-fios, acostamento de vias públicas, ou em outras superfícies estáveis, presentes ao longo dos circuitos de nivelamento. As chapas de alumínio foram numeradas e fixadas com o auxílio de massa plástica automotiva, associada ao uso de catalisador para acelerar o processo de colagem das mesmas.

Em alguns pontos, a implantação das chapas foi possível com o uso da cola tipo veda calha. Os pontos foram demarcados com gabarito de metal alfanumérico na realização do nivelamento geométrico, desta forma, os circuitos de nivelamento poderiam ser retomados do ponto em que foi interrompido, pois em algumas campanhas o trabalho em campo fora efetuado em dois períodos, manhã e/ou tarde ou em dias alternados.

3 RESULTADOS e DISCUSSÃO

A identificação dos circuitos de nivelamento, comprimento entre as RRNN e o erro de fechamento entre as linhas de circuitos, são descritos na tabela 1.

Tabela 1 - Circuitos de nivelamentos, RRNN, comprimentos do circuito e erro.

Circuitos de nivelamentos	Referências de Nível	Comprimento (m)	Erro (mm)
Circuito 1	RN1931B - RN1923T	2.316,370	1,00
Circuito 2	RN1923X - RN1931B	2.589,750	4,00
Circuito 3	RN1923X - RN1931A	4.089,750	5,00
Circuito 4	RN1923X - RN1931B	4.503,980	-11,00
Circuito 5	RN1923X - RN1923T	4.721,780	-8,00

Fonte: do autor, 2018.

A tabela 1 acima descreve os circuitos de nivelamentos geométricos de 2ª ordem, compreendidas entre as RNs de 1ª ordem estabelecidas pelo IBGE. Ao total foram realizados 5 circuitos, sendo que entre as RN1931B e RN1923X os nivelamentos geométricos foram executados por 2 caminhos distintos. Os Circuito 4 e Circuito 5 foram que apresentaram os maiores erros de fechamento, -11,00 mm e -8,00 mm, respectivamente. Um dos fatores determinantes foi a distância percorrida entre as RRNN e a necessidade de pontos de apoio entre as chapas metálicas devido a superfície topográfica acidentada presente ao longo destes circuitos. Nestes circuitos exigiu-se o uso da sapata topográfica em um número maior do que em outros circuitos, com isso os lances foram de alcance curto, em alguns locais a visada entre o nível e a mira graduada alcançaram o valor de no máximo 10 m. Em contrapartida, nos Circuitos 1 e Circuito 2, os mesmos apresentaram os menores valores para o erro de fechamento que foram de 1,00 mm e 4,00 mm, respectivamente. Os valores para o erro de fechamento nos Circuito 1 e Circuito 2 foram consequências das características presentes nestes circuitos como relevo menos acidentado, menor declividade, melhor visibilidade entre as chapas presentes nos circuitos e também são os circuitos com os menores comprimentos (m) de duplo nivelamento. O Circuito 3 também apresentou erro abaixo da classe permitida pelo IBGE de $12 \text{ mm} \times \sqrt{k}$, fechando com erro de 5,00 mm. Vale ressaltar que neste percurso apesar de haverem poucos pontos implantados no trecho, uma parte considerável do circuito foi percorrido com o uso da sapata topográfica, o que não interferiu no resultado final do erro de fechamento. Outro ponto positivo a ressaltar sobre este circuito, foi que no relatório do IBGE a RN1931A está descrita como NE (Não Encontrado), sendo que com o nivelamento geométrico de 2ª ordem efetuado entre a RN1923X e RN1931A, comprovou-se que o mesmo está em perfeitas condições e apto a ser utilizado em trabalhos que exigem levantamentos geodésicos e topográficos.

Para que os nivelamentos de 2ª ordem apresentassem padrões de precisão adequados, dentro do exigido pela NBR 13.133, foram seguidas as recomendações da mesma. As visadas de ré e vante não ultrapassaram os 100 m de comprimento, sempre procurando efetuar visadas equidistantes, sendo que a maioria das leituras não excederam 60 m. Como o município de Itaquí, em época de verão, alcança altas temperaturas, as leituras não ocorreram nos extremos da mira graduada, assim minimizando os efeitos de reverberação. As miras graduadas eram colocadas sobre as chapas metálicas e no caminhar sobre a sapata topográfica. O uso de nível digital com precisão de $\pm 2 \text{ mm}$ por km de nivelamento duplo foi um dos fatores para que minimizassem a ocorrência de erros sistemáticos ou grosseiros, contribuindo na precisão dos nivelamentos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As RRNN presentes ao longo do território brasileiro servem de apoio para levantamentos geodésicos e topográficos, e são necessários para as obras de engenharias que utilizam como referências as altitudes precisas e acuradas na superfície terrestre como locações de obras, oleodutos, ferrovias, túneis, rodovias e modelo geoidal refinado. Neste contexto, foram analisadas as 4 referências de nível presentes no perímetro urbano da cidade de Itaquí, pertencentes ao SGB da RAAP, denominadas de RN1923T, RN1923X, RN1931A e RN1931B. As referências altimétricas do IBGE foram avaliadas por meio de nivelamentos geométricos realizados de RN a RN, denominados de circuitos (tabela 1). Dentre os circuitos de duplo nivelamento geométrico, o Circuito 1 obteve o erro de 1mm, classificada abaixo da Classe IN que possui tolerância de fechamento inferior a $12 \text{ mm} \times \sqrt{k}$ de duplo nivelamento, classificado como de alta precisão geodésico e com aplicação de RN de apoio para adensamento da rede. A falta de suporte técnico por parte dos IBGE na verificação e consistências das RRNN presentes nas cidades brasileiras é um problema real de infraestrutura que afeta o planejamento e gestão da organização do espaço territorial.

Na verificação das condições das RRNN verificou-se que todos os vértices se encontram preservados e com os valores de altitudes coerentes, ou seja, não houve nenhum tipo de movimentação do marco que trouxesse prejuízo a sua precisão posicional. Isto pode ser verificado por meio dos nivelamentos geométricos executados que ratificaram esta condição.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, JCM de. Datum altimétrico brasileiro. Cadernos de Geociências, v. 5, p. 69-73, 1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13133: Execução de Levantamentos Topográfico. Rio de Janeiro, 1994.
- BLITZKOW, Denizar; CAMPOS, I. de O.; FREITAS, SRC de. Altitude: O que interessa e como equacionar. Anais do I Simpósio de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. DECart/UFPE–Recife, v. 1, 2004.
- FREITAS, S. RC de; BLITZKOW, D. Altitudes e geopotencial. In: Bulletin N.9, International Geoid Service (Special Issue for South America). IGeS, Milano, Ed. F. Sansò et al., p. 47-62, 1999.
- LUZ, Roberto Teixeira; GUIMARÃES, Valéria Mendonça. Realidade e Perspectivas da Rede Altimétrica de Alta Precisão do Sistema Geodésico Brasileiro Status and Perspectives of the Brazilian First Order Leveling Network. Série em Ciências Geodésicas, v. 1, 2001.
- MATOS, A. C. O. C. de et al. Mapgeo2015: O novo modelo de ondulação geoidal do Brasil. Revista Brasileira de Cartografia, v. 68, n. 10, 2016.
- RODRIGUES, Antonio Carlos et al. Manutenção Física dos Marcos do Sistema Geodésico Brasileiro. In: XIX Congresso Brasileiro de Cartografia, SBC, Recife. 1999.
- TORGE, W.; MÜLLER, J. Geodesy.: Walter de Gruyter, 2012.