

Implantação de uma rede altimétrica no Campus Capão do Leão da UFPEL

**DARLAN PAULO COSSUL¹; SÉRGIO LEAL FERNANDES, LUÍSA FANCELLI
COELHO²; ROGERS ADEMIR DRUNN PEREIRA³**

¹Universidade Federal de Pelotas – darlancossul@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas– fancelli_luisa@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas– slealfernandes@uol.com.br

³Universidade Federal de Pelotas– r51505150@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho objetiva apresentar os resultados referentes à construção de uma rede de nivelamento no Campus Capão do Leão da UFPEL. A rede de nivelamento consiste em uma série de pontos cuja altitude é conhecida e que tem por finalidade principal dar apoio às obras de engenharia e/ou estudos técnico-científicos. Neste particular, a referida rede também servirá como referência para as aulas de Topografia ministradas naquele campus.

A rede de nivelamento será constituída por dois circuitos fechados totalizando 9 pontos. Os desníveis foram obtidos por nivelamento geométrico (NG) com visadas de no máximo 74 m metros e por nivelamento GNSS (*Global Navigation Satellite System*), aqui denominado NGNSS, cujos resultados foram derivados de processamento diferencial com rastreios de 10 minutos nos quais as linhas de base não superaram em nenhum momento 1 km. Como referência para o processamento, adotou-se a estação de Monitoramento Contínuo RSPE, instalada no Campus Capão do Leão da UFPEL.

1.1. Conceitos Relevantes

1.1.1. GNSS e Processamento Diferencial

GNSS (*Global Navigation Satellite System*) é nome genérico dado a sistemas de navegação baseados em técnicas de rastreo à satélites artificiais (SEEBER, 2003, p. 213). Pode-se dizer que o princípio básico do funcionamento dos Sistemas GNSS é dado pela equação fundamental da Geodésia por Satélites (Ibidem, p. 135)

$$r_j(t) = r_i(t) + \Delta r_{ij}(t) \quad (01)$$

$r_j(t)$ é o vetor que indica a posição geocêntrica do Satélite relativamente a um sistema de coordenadas que tem origem no centro da Terra; $r_i(t)$ é a posição geocêntrica da antena relativamente ao mesmo sistema e, $\Delta r_{ij}(t)$ é a variação de coordenadas desde a antena até o satélite. Esta situação é apresentada pelo autor referenciado como na Figura 1.

Como a (01) deve ser solucionada para diferentes satélites, então diz-se que são necessárias pelo menos quatro observações para a solução do sistema: três associadas à posição espacial (X, Y e Z) e uma associada à sincronização do tempo t destas (pelo menos) três observações. Esta solução é dada pelo Método dos Mínimos Quadrados. Este problema é resolvido pelo receptor durante o rastreo.

Uma vez resolvido o problema do posicionamento pelo receptor, distorções ocorrem devido à erros de atmosfera, relógio, propagação de sinais, etc. Estes erros são minimizados via a utilização de uma estação de referência que apresenta coordenadas conhecidas. Assume-se, portanto, que os erros que afetam a estação de referência afetam também a antena que está nas suas vizinhanças e assim, geram-se correções. Esta técnica é chamada de processamento relativo (ou processamento diferencial) e foi adotada para a obtenção das coordenadas geodésicas apresentadas neste trabalho.

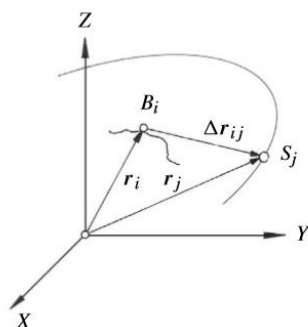


Figura 1 - Relações básicas para observações à satélites.

FONTE: SEEBER, 2003 (p.135)

1.1.2. Nivelamento Geométrico

O nivelamento geométrico é uma operação utilizada em topografia e nas Ciências Geodésicas cujo objetivo é a obtenção de desníveis. A diferença de altitude entre dois pontos é dada pela subtração entre as leituras de Ré e de Vante efetuadas na Mira (TORGE, 1991, p. 107). Um esquema do nivelamento geométrico é dado pelo mesmo autor conforme a figura 2, a seguir.

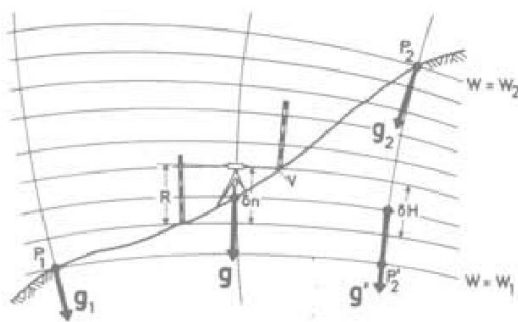


Figura 2 - Nivelamento geométrico.

FONTE: TORGE, 1991, p. 108.

2. METODOLOGIA

Inicialmente foi efetuado o levantamento GNSS dos pontos apresentados na Figura 3, onde podem ser observados os circuitos 1 e 2 mencionados na introdução deste trabalho. Estes pontos foram levantados com um receptor TOPCON HIPER+ no dia 08/07/2015, de posse do departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). O rastreamento foi efetuado com tempo mínimo de 8 minutos e 45 segundos e máximo de 10 minutos.

As observações foram processadas no dia seguinte com as coordenadas disponibilizadas pela seção de Geodésia do Instituto Brasileiro de Geografia e

Estatística (IBGE) para a estação RSPE (<http://www.ibge.gov.br/home/>), instalada junto ao prédio do IFM da UFPEL.



Figura 3 - Situação dos Pontos Levantados e dos Circuitos.

Os desníveis derivados do NG foram obtidos por observações aos pontos com leituras dos fios superior (FS), inferior (FI) e médio (FM) com diferenças máximas não superando nunca os dois milímetros.

Finalmente ajustou-se os desníveis pelo método dos mínimos quadrados, utilizando-se o modelo dos correlatos apresentado em GEMAEL (1994). Tal ajustamento compreende as seguintes etapas:

Etapa	Descrição
$B = \frac{d F}{l_b}$	Obtenção da Matriz Jacobiana das Observações
$W = \begin{bmatrix} \text{Erro de fechamento C1} \\ \text{Erro de fechamento C2} \end{bmatrix}$	Obtenção do vetor erro de fechamento dos circuitos W
$M = BB^T$	Cálculo da matriz M
$K = -M^{-1}W$	Cálculo do Vetor dos Correlatos K
$V = B^T K$	Cálculo do Vetor dos Resíduos V
$l_a = l_b + V$	Obtenção dos Desníveis ajustados l_a

Os resultados do NG são, por fim, comparados com os resultados do NGNSS.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Levantamento GNSS resultou em altitudes elipsoidais e desníveis que estão enumerados na tabela 1.

Tabela1: Altitudes elipsoidais e desníveis obtidos por levantamento GNSS.

Altitudes (m)		Desníveis (mm)	
$h_A=22,324$	$h_F=23,072$	$I1=DN_{A \rightarrow B}=602$	$I6=DN_{F \rightarrow A}=-748$
$h_B=22,926$	$h_G=22,409$	$I2=DN_{B \rightarrow C}=202$	$I7=DN_{A \rightarrow G}=85$
$h_C=23,128$	$h_H=22,284$	$I3=DN_{C \rightarrow D}=368$	$I8=DN_{G \rightarrow H}=-125$
$h_D=23,496$	$h_I=21,936$	$I4=DN_{D \rightarrow E}=-279$	$I9=DN_{H \rightarrow I}=-348$
$h_E=23,217$		$I5=DN_{E \rightarrow F}=-145$	$I10=DN_{I \rightarrow B}=990$

O ajustamento resultou nas seguintes matrizes:

Etapa	Descrição
B	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$
W	$\begin{bmatrix} 10mm \\ -3mm \end{bmatrix}$
$M = B * B^T$	$\begin{bmatrix} 6 & -1 \\ -1 & 5 \end{bmatrix}$
$K = -M^{-1}W$	$[-1,6207 \quad 0,2759]^T$
$V = B^T K$	$[-1,8966 \quad -1,6207 \quad -1,6207 \quad 1,6207 \quad 1,6207 \quad 1,6207 \quad 0,2759 \quad -0,2759 \quad 0,2759 \quad 0,2759]^T$
$l_a = l_b + V$	$[578,1034 \quad 192,3793 \quad 392,3793 \quad -298,6207 \quad -177,6207 \quad -686,6207 \quad 88,2759 \quad -1722,7241 \quad 1209,2759 \quad 1003,2759]^T$

As comparações entre NG e NGNSS estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3- Comparação entre desníveis obtidos por levantamento Geométrico e por levantamento GNSS.

Desníveis obtidos pelo levantamento GNSS (mm)		Desníveis ajustados, obtidos por levantamento Geométrico (mm)	
I1=DN _A ->B = 602	I6=DN _F ->A= -748	I1=DN _A ->B= 578,1034	I6=DN _F ->A= -686,6207
I2=DN _B ->C= 202	I7=DN _A ->G= 85	I2=DN _B ->C= 192,3793	I7=DN _A ->G= 88,2759
I3=DN _C ->D=368	I8=DN _G ->H=-125	I3=DN _C ->D= 392,3793	I8=DN _G ->H= -1722,7241
I4=DN _D ->E= -279	I9=DN _H ->I= -348	I4=DN _D ->E= -298,6207	I9=DN _H ->I= 1209,2759
I5=DN _E ->F= -145	I10=DN _I ->B= 990	I5=DN _E ->F= -177,6207	I10=DN _I ->B= 1003,2759

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho demonstrou-se a potencialidade na substituição do Nivelamento GNSS pelo nivelamento geométrico. As maiores diferenças ficaram nas observações I8 e I9, que podem ser explicadas por problemas no rastreo devido à existência de obstáculos às antenas no local. Novos rastreios fornecerão subsídio para conclusões mais significativas, onde também serão inseridos pesos no ajustamento dos desníveis. Como resultado principal, destaca-se também a materialização dos pontos apresentados para o Campus Capão do Leão, assim como as coordenadas geodésicas destes pontos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GEMAEL, C. **Introdução ao ajustamento de Observações: aplicações geodésicas**. Curitiba: Editora da UFPR, 1994.

SEEBER, G. **Satellite Geodesy**. Berlim: W. de Gruyter, 2003.

TORGE, W. **Geodesy**. Berlim: W. de Gruyter, 1991.