

IMPLANTAÇÃO DE LINHA BASE ORIENTADA AO ZENITE LOCAL PELO CÁLCULO DA DISTÂNCIA ZENITAL ABSOLUTA DO SOL

Lucas Henrique de Souza¹

André Calderipe¹

Lucas Martins Bruno¹

Tiago de Oliveira Tavares²

Eduardo Valenti³

¹ *Universidade Federal de Pelotas - UFPEL*

Centro de Desenvolvimento Tecnológico

Acadêmicos do Curso Superior de Tecnologia em Geoprocessamento

lucazenrique@gmail.com; lucas-bruno@bm.rs.gov.br; andrecalderipe@hotmail.com

² *Universidade Federal de Pelotas - UFPEL*

Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM)

Acadêmico do Curso Superior de Engenharia Agrônoma

topografiatecsul@gmail.com

³ *Universidade Federal de Pelotas - UFPEL*

Centro de Desenvolvimento Tecnológico

Professor do Curso Superior de Tecnologia em Geoprocessamento

eduardo.valenti@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A implantação de marcos geodésico para base de levantamentos topográficos e geodésicos se dá através da materialização de coordenadas referenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro - SGB. Atualmente, muitos dos marcos existentes se encontram depredados ou de difícil acesso. Conforme o Decreto-lei nº 243, de 28/02/67, em seu Cap. VII, art. 14, o acesso às estações pertencentes ao SGB é livre, independente de sua localização em propriedade pública ou particular. Segundo a NBR 13.133, referente à execução de levantamentos topográficos, destaca o levantamento de detalhes como conjunto de operações topográficas clássicas destinado à determinação das posições planimétrica e altimétrica dos pontos. Por possuírem coordenadas de elevada precisão, os marcos são pontos fixos constituídos em bases de referência confiáveis, tornando possível o georreferenciamento de bases para o próprio IBGE ou para os demais órgãos executantes de trabalhos geodésicos no Brasil. A implantação dos marcos deve ser realizada de maneira padronizada conforme as orientações do IBGE.

Este trabalho objetiva a determinação do norte verdadeiro de um alinhamento, através da distância zenital absoluta observada e calculada a partir da posição solar. A localização geográfica do marco origem da observação possui as coordenadas aproximadas de: 31° 46' 54,45696"S e 52° 20' 05,78690"W, situado no bairro Porto, município de Pelotas/RS. O primeiro dos vértices já materializado e rastreado via receptor GNSS encontra-se em fase de processamentos de suas coordenadas de suas coordenadas precisas. O outro vértice desse alinhamento da base será implantado e materializado posteriormente, complementando assim o alinhamento entre eles e identificando o norte verdadeiro calculado a partir desse trabalho. As coordenadas do primeiro ponto serão pós-processadas através do sistema on-line do IBGE de posicionamento por ponto preciso (IBGE-PPP).

2. METODOLOGIA

2.1 - Azimute do astro

Segundo o método demonstrado por CORRÊA (2012) para determinar o norte verdadeiro de um alinhamento através da distância zenital absoluta do sol, deve-se observar o círculo de declinação do astro com um teodolito nivelado em cima do marco e zerado em direção ao obelisco situado na praça, foram observados cinco pares de ângulos, sendo eles de visada direta e visada inversa. Após essa pré-orientação, observou-se cinco pares de ângulos horários e verticais, assim como o horário de observação, referente à posição solar tangenciada aos retículos do teodolito no 1º e 3º quadrante. A relação entre os sistemas de coordenadas astronômicas horizontais e as horárias resulta em um triângulo esférico que fica definido pelo meridiano do local, o círculo da vertical e o círculo da declinação do astro, os quais se interceptam dois a dois e que é denominado triângulo de posição. O azimute do astro é obtido conforme a equação 1.

$$\cos Az_{\otimes} = \frac{\sin \delta_{\otimes} - \sin \phi \times \cos Z}{\sin \phi \times \cos Z} \quad (1)$$

Onde:

Az_{\otimes} = Azimute do sol na hora da observação

δ_{\otimes} = Declinação do sol na hora da observação

ϕ = Latitude da área de observação obtida de uma carta

Z = Distância zenital média

Aplicando esta fórmula, obtém-se o azimute do astro a partir do norte (azimute topográfico) aplicando o arco coseno no resultado da equação 1 caso a observação foi feita durante a manhã ou subtrai o resultado de 360º para observações no período da tarde.

2.1.1 - CORREÇÃO INSTRUMENTAL

Antes de se calcular o azimute, algumas correções e compensações devem ser levados em consideração devido à natureza da superfície terrestre e dos erros embutidos no instrumento. Para diluir o erro do equipamento, é necessário fixar um ponto, no caso o obelisco situado no centro da praça, e efetuar seis pares de medidas de ângulo vertical, na posição direta e inversa da luneta e usar a média das observações na fórmula de Correção Instrumental, conforme equação 2.

$$CI = \frac{360^{\circ} - (PD - PI)}{2} \quad (2)$$

2.1.2 - CORREÇÃO DA PARALAXE

Como as observações são efetuadas a partir da superfície terrestre, e não a partir do centro da terra, é necessário corrigir este desvio para que todas as distâncias zenitais sejam referenciadas geocentricamente. Esta correção é aplicada a média de cada par de observações do ângulo zenital e a fórmula é descrita na equação 3.

$$CP = -8,8'' \times \sin Z_m \quad (3)$$

2.1.3 - CORREÇÃO DA REFRAÇÃO ATMOSFÉRICA

Esta correção é necessária devido ao desvio dos raios luminosos quando passam pelas diferentes camadas de ar de nossa atmosfera, e suas variações dependem

da temperatura e pressão locais. Na figura 3 e equação 4, é descrito o procedimento desta correção.

$$CR = (60,08 \times t_g Z_m - 0,067 \times t_g^3 Z_m) \times \frac{P}{760} \times \frac{1}{1 - 0,00384 \times T} \quad (4)$$

2.2 - CALCULO DA DISTÂNCIA ZENITAL COMPENSADA

Após as devidas correções, é compensado o valor da distância zenital média, atribuindo os valores CI, CP e CR conforme equação 5.

$$Z_c = Z_m + CI + CP + CR \quad (5)$$

2.3 - CÁLCULO DA DECLINAÇÃO DO SOL NA HORA DA OBSERVAÇÃO

Os valores de Declinação do Sol $\delta \otimes$ e da variação horária da mesma ($\Delta\delta$) são obtidos através de Tabelas astronômicas descritas no Anuário Astronômico. Todos os valores são levantados para 0 horas do meridiano central de Greenwich. A equação 6 representa a obtenção da declinação do sol já com o tempo corrigido.

$$\delta \otimes = \delta + (\Delta\delta \times TU) \quad (6)$$

Onde:

$\delta \otimes$ = Declinação do Sol na hora da observação

δ = Declinação do Sol para o dia, obtido no anuário astronômico.

$\Delta\delta$ = Variação horária da declinação do sol.

TU = Tempo Universal ou Hora Civil

2.4 DETERMINAÇÃO DO AZIMUTE VERDADEIRO DE UM ALINHAMENTO.

Para se determinar o azimute verdadeiro é necessário conhecer o ângulo horizontal formado o alinhamento (obelisco) e o astro (sol) na hora da observação. Para observações no período da manhã, usa-se o calculo para o 1 e 3 quadrantes, e para o período da tarde usa-se para o 2 e 4 quadrantes. Caso o valor obtido seja negativo, é subtraído de 360 A formula aplicada é descrita na equação 7.

$$Azm = Az \otimes - Hz \quad (7)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após serem feitas as observações, cada par teve seu valor intermediário calculado e tirado a media dos valores intermediários. Os ângulos horizontais obtidos entre o marco e o sol estão informados na tabela 1. Para todos os parâmetros calculados, utilizou-se sempre o valor médio entre a intermediária das leituras. As medidas de hora e ângulo vertical do sol estão apresentadas na tabela 2.

Tabela 1 – Observações de ângulos horizontais entre a linha base e o sol.

Observação	Leitura no Astro (horizontal)											
	LAD				LAI				LA			
Par	°	'	"	Decimal	°	'	"	Decimal	°	'	"	Decimal
1	51	41	29	51,69138889	52	10	26	52,17389	141	55	57,5	141,9326
2	51	12	10	51,20277778	51	44	44	51,74556	141	28	27	141,4742
3	50	53	52	50,89777778	51	26	40	51,44444	141	10	16	141,1711
4	50	38	48	50,64666667	51	7	21	51,1225	140	53	4,5	140,8846
5	50	16	14	50,27055556	50	46	56	50,78222	140	31	35	140,5264
6	49	54	51	49,91416667	50	25	24	50,42333	140	10	7,5	140,1688
Media	50	46	14	50,77055556	51	16	55,172	66,59222	148	40	53	148,6814

Tabela 2 – Distancias zenitais observadas do sol.

Observação	Distância Zenital											
	Z'D				Z'I				Z'			
Par	°	'	"	Decimal	°	'	"	Decimal	°	'	"	Decimal
1	52	3	42	52,06	52	28	9	52,4692	179	47	46,5	179,796
2	52	45	23	52,76	52	12	51	52,2142	180	16	16	180,271
3	51	34	10	51,57	52	1	24	52,0233	179	46	23	179,773
4	51	24	59	51,42	51	50	0	51,8333	179	47	29,5	179,792
5	51	11	48	51,2	51	37	34	51,6261	179	47	7	179,785
6	50	58	50	50,98	51	24	21	51,4058	179	47	14,5	179,787
Media	51	29	48,67	51,5	51	55	43,17	51,9287				179,784

Com objetivo de diminuir o erro final foi repetido o calculo 3 vezes, com o valor final variando na casa dos segundos. Todos os parâmetros envolvidos no calculo do azimute estão na tabela 3. Já o valor final para distancia zenital compensada, azimute solar, assim também como o ângulo horário entre obelisco-sol e sua diferença com o azimute do solar estão descritos na tabela 4.

Tabela 3 – Parâmetros de correção para o cálculo do azimute do astro.

	°	'	"	Decimal
Ci	0	0	-7,55	-0,0021
CP	0	0	-6,84	-0,0019
CRM	0	1	14,28	0,020633
CR	14	29	45,5	14,49597

Tabela 4 – Valores Finais obtidos

	Valores obtidos			
	°	'	"	Decimal
Zc	65	33	11,38	65,55316
Az⊗	62	33	57,98	62,56611
Hz	51	1	34,59	51,02628
Az⊗ - Hz	11	32	23,39	11,53983

4. CONCLUSÃO

Conforme observado em campo, o ângulo obtido através do cálculo é próximo ao que se imaginava do meridiano local. Para dar seguimento e conclusão a este trabalho ainda deve ser implantado o segundo marco junto aos dados aqui obtidos, para que após materializados seja realizado o levantamento de coordenadas com GNSS e pós-processamento via posicionamento de ponto preciso.

5. Referencias Bibliográficas

NBR 13133 - Execução de levantamento topográfico - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 1994.

CORREA, I. C. S. DETERMINAÇÃO DO NORTE VERDADEIRO DE UM ALINHAMENTO ATRAVÉS DA DISTÂNCIA ZENITAL ABSOLUTA DO SOL. **Topografia Aplicada à Engenharia**. Porto Alegre, 13^a ed, 2012.

Observatório Nacional - **Anuário Interativo do Observatório Nacional**. Acessado em 15 de abril 2014. Online. Disponível em: <http://euler.on.br/ephemeris/index.php>