



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

CURSO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA

DISCIPLINA: FIS2006 – ASTRONOMIA GEODÉSICA II
PROFESSOR RESPONSÁVEL: BASÍLIO XAVIER SANTIAGO

RELATÓRIO DA SEGUNDA AULA PRÁTICA:

“DETERMINAÇÃO DO AZIMUTE DE UMA

MIRA OBSERVANDO A ELONGAÇÃO DE

UMA ESTRELA”

PORTO ALEGRE

2007

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO	4
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	4
1.2 OBJETIVOS	4
2 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS	4
2.1 ESCOLHA DOS ALVOS	5
2.2 INSTALAÇÃO, PREPARAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS E LEITURA DOS ÂNGULOS	9
2.3 OBSERVAÇÃO E MEDIÇÃO DOS ÂNGULOS HORIZONTAIS E DOS INSTANTES CRONOMÉTRICOS	10
2.4 CÁLCULO DO AZIMUTE DA MIRA Isso aqui deveria ser a seção 3.	12
3 CONCLUSÕES	14
REFERÊNCIAS	14

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A Astronomia Geodésica ou Astronomia de Posição possibilita a determinação da localização precisa de pontos na superfície terrestre, através da observação de astros e cálculos matemáticos.

O presente trabalho apresenta alguns dos procedimentos, utilizados na Astronomia Geodésica, desenvolvidos nas aulas práticas, no decorrer do primeiro semestre de 2008.

1.2 OBJETIVOS

A atividade prática teve como objetivo a determinação do azimute de uma mira fixa observando-se uma estrela nos instantes que precedem e sucedem a sua elongação, utilizando as técnicas aprendidas na disciplina de Astronomia Geodésica II.

O presente relatório pretende descrever os procedimentos, métodos e equipamentos utilizados; apresentar os dados das medições; os cálculos realizados para o processamento dos dados e analisar os resultados obtidos.

2 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS

A elongação de uma estrela ocorre quando o ângulo do triângulo esférico de posição da estrela é reto na própria estrela. Este ângulo é chamado de ângulo paralático (Q) e seu valor no momento da elongação assume valores:

$$Q = + / - 90^\circ$$

Ou seja, o triângulo de posição é retângulo quando a estrela está em elongação, portanto:

$$\text{sen } A = +/- \text{cos } \delta / \text{cos } \varphi$$

$$\text{cos } z = \text{sen } \varphi / \text{sen } \delta$$

$$\text{cos } H = \text{tg } \varphi / \text{tg } \delta$$

Onde:

A = azimute da estrela (na elongação)

z = distância zenital da estrela na elongação

H = ângulo horário da estrela na elongação

δ = declinação da estrela

φ = latitude do observador

O azimute da estrela tem um valor extremo no instante da elongação, pois a estrela neste momento muda a direção do seu movimento, passando a ser perpendicular ao horizonte do observador.

Para determinar-se o azimute de uma estrela, são feitas várias leituras antes e após a sua elongação, durante um intervalo de aproximadamente 30 minutos, obtendo-se uma parábola com leituras horizontais x ângulos horários tempo, cujo valor de máximo ou mínimo representa o azimute da estrela.

Sabendo-se a declinação da estrela e a latitude do observador, pode-se calcular o azimute da estrela durante a elongação e o azimute de uma mira fixa, através das fórmulas:

$$\text{sen } A_{\text{elong}} = \pm \cos \delta / \cos \varphi$$

$$A_{\text{mira}} = A_{\text{elong}} + L_{\text{H,mira}} - L_{\text{H,elong}}$$

Onde:

A_{elong} = azimute da estrela na elongação

$L_{\text{H,mira}}$ = leitura horizontal da mira fixa

$L_{\text{H,elong}}$ = leitura horizontal mínima ou máxima obtida através do ajuste da parábola

Para a determinação dessas incógnitas foram realizados os seguintes procedimentos:

- Escolha dos alvos a serem medidos;
- Instalação, preparação dos equipamentos e leitura dos ângulos;
- Observação e medição dos ângulos horizontais e dos instantes cronométricos;
- Cálculo do azimute da mira.

2.1 ESCOLHA DOS ALVOS

Para a escolha do alvo, antes do início dos trabalhos, foi definida uma estrela brilhante que elongasse durante o intervalo de hora legal disponível para as observações astronômicas. Para isso, inicialmente, foi obtida a longitude aproximada do local, o intervalo disponível para observação e o intervalo de hora sideral correspondente.

Para a cidade de Porto Alegre a longitude aproximada é de 51° a Oeste de Greenwich e o intervalo de observação, em hora legal, foi compreendido entre as 18:30 horas e 21:50 horas do dia 03 de abril de 2008.

A seguir foi determinado o intervalo de hora sideral correspondente ao intervalo de hora legal, fazendo-se a conversão de hora legal para hora solar local e, após transformou-se a hora solar local em hora sideral.

A hora solar local do intervalo é dada por:

$$M = HL + (\lambda_c - \lambda)$$

Onde:

M = hora solar local

HL = hora legal

λ_c = longitude do meridiano central do fuso horário do local da observação

λ = longitude do observador

Como Porto Alegre está localizada na longitude de 51° e no fuso horário -3 horas, cujo meridiano central é o de longitude $\lambda_c = 45^\circ$, então:

$$M = HL + (45^\circ - 51^\circ) = HL - 6^\circ = HL - 24 \text{ min}$$

Então, para o intervalo de observações:

$$M_1 = HL_1 - 24 \text{ min} = 18:30 - 0:24 = 18:06 \text{ h}$$

$$M_2 = HL_2 - 24 \text{ min} = 21:50 - 0:24 = 21:26 \text{ h}$$

Onde:

M_1 = hora solar local para o início das observações

HL_1 = hora legal local para o início das observações

M_2 = hora solar local para o final das observações

HL_2 = hora legal local para o final das observações

A conversão de hora sideral para a hora solar local será dada por:

$$S_i = S_0 + M_i (1 + \eta) + \eta \lambda$$

Onde:

S_i = hora sideral para a hora solar local

S_0 = hora sideral de Greenwich no tempo universal TU = 0 h na data da observação, retirada do site do Observatório Nacional, no Anuário Interativo, consultado pelo professor em aula

M_i = hora solar local

λ = longitude do observador

η = fator de conversão de hora solar para hora sideral obtido pela proporção:

$$\Delta S / \Delta M = 24 \text{ h} / 23 \text{ h } 56 \text{ m } 04 \text{ s} = 1,00273790926 = 1 + \eta$$

$$\text{Então, } \eta = 0,00273790926$$

Consideraremos $\eta = 0$ no caso do cálculo presente, pois queremos apenas os instantes aproximados de hora sideral.

No caso, no dia 03/04/2008:

$$S_0 = 12:46:47 \text{ h}$$

Então:

$$S_1 = S_0 + M_1 = 12:46:47 + 18:06:00 = 30:52:47 - 24:00:00 = 06:52:47 \text{ h}$$

$$S_2 = S_0 + M_2 = 12:46:47 + 21:26:00 = 33:72:47 - 24:00:00 = 09:72:47 \text{ h} = 10:12:47 \text{ h}$$

Onde:

S_1 = tempo sideral para o início das observações

S_2 = tempo sideral para o final das observações

Após esse cálculo, deve-se encontrar estrelas brilhantes com ascensão reta (α) compreendida no intervalo $S_1 \leq H + \alpha \leq S_2$.

Como a hora sideral é determinada por:

$$S = H^* + \alpha$$

Onde:

H^* = ângulo horário da estrela

α = ascensão reta da estrela

Para tanto foi consultado o site do Simbad Astronomical que contém as coordenadas equatoriais de várias estrelas, onde tentou-se:

1º Estrela: Canopus

$$H = 64^\circ / 15 \text{ h} : 4:00 \text{ h} = H_1$$

$$\text{Ou } H = 296^\circ / 15 : 20:00 \text{ h} = H_2 \text{ [Mostrar os cálculos aqui](#)}$$

$\alpha : 06:30 \text{ h}$, então:

$$S = H^* + \alpha = 4 + 6,5 = 10:30 \text{ h}$$

Portanto, Canopus não poderia ser observada no intervalo disponível para as observações porque a estrela alongará somente após o final das medições.

2º Estrela: Mimosa

$$H = 69^\circ / 15 \text{ h} : 4,6 \text{ h} = H_1$$

$$\text{Ou } H = 291^\circ / 15 : 19,4 \text{ h} = H_2$$

$\alpha : 12:45 : 12,75 \text{ h}$, então:

$$S = H^* + \alpha = 19,4 + 12,75 = 32,2 \text{ h} (- 24 \text{ h}) = 8,2 \text{ h}$$

Portanto, a estrela Mimosa poderia ser observada no intervalo disponível para as observações.

Os dados anotados para a estrela foram:

- Denominação: Mimosa Beta Crucis
- Declinação $\delta = - 59^{\circ}41'19''$;
- Ascensão reta $\alpha = 12:47:43$ h
- Cor: azulada
- Magnitude = 1,25
- Tipo espectral: B0.5III
- Horário aproximado da elongação da estrela no dia 03/04/2008: 19:37 h

2.2 INSTALAÇÃO, PREPARAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS E LEITURA DOS ÂNGULOS

Os equipamentos utilizados nas observações foram:

- Teodolito Astronômico Wild 2 (T2) N° 1;
- Par de lunetas óticas auxiliares;
- Cronômetro;
- Lanterna;
- Prancheta.

O local escolhido para a prática foi o terraço do Instituto de Física no Campus do Vale da UFRGS, que possui bases de concretos com parafusos para fixação de teodolitos.

O teodolito N°. 1 foi instalado na base do Grupo 1 e, antes de iniciar as leituras, foi realizado o nivelamento do equipamento, através dos três parafusos cal antes, até que os níveis de bolha estivessem perfeitamente nivelados em todas as direções de giro do aparelho.

Antes do início das medições e sempre que o aparelho era apontado para um novo alvo, era realizado o ajuste do foco da luneta e do foco dos fios do retículo e era posicionado o botão de escolha de leitura de ângulos (verticais ou horizontais) localizado no corpo do aparelho.

No caso deste trabalho prático, foram realizadas somente leituras de ângulos horizontais, não necessitando, portanto, ajuste da bolha bipartida do T2.

As leituras dos ângulos foram feitas observando-se os dois painéis mostrados, com as respectivas escalas numéricas, cuja diferença era de 180° . Para efetuar as leituras, procedeu-se da seguinte maneira:

- Focou-se o alvo na luneta do teodolito até a posição em que a mesma ficasse no centro dos fios do retículo;
- Fez-se o ajuste das linhas da escala direta e invertida até que as linhas verticais ficassem perfeitamente alinhadas no painel de leitura superior (coincidência dos marcos das escalas);

- Leu-se no painel superior a escala numérica correspondente ao valor que estava de cabeça para cima, que deu a leitura do ângulo em graus;
- Na escala invertida do painel superior foram contados os espaços entre os marcos das escalas direta e invertida, o que correspondeu ao número de dezenas de minutos;
- No painel inferior leu-se o valor do número que se repete abaixo da escala numerada, que correspondeu a unidades de minutos;
- Leu-se na escala graduada de 0 a 60 o número correspondente aos segundos.

A cada leitura de ângulo foi anotada a hora legal correspondente lida no cronômetro em horas, minutos e segundos.

2.3 OBSERVAÇÃO E MEDIÇÃO DOS ÂNGULOS HORIZONTAIS E DOS INSTANTES CRONOMÉTRICOS

Para determinar o azimute de uma mira através da elongação de uma estrela, inicialmente, procedeu-se à leitura horizontal da mira fixa (LH_{mira}), que, nesse caso, era uma antena fixa visível durante à noite.

Em seguida, foram tomadas várias medidas do ângulo horizontal (LH) da estrela aproximadamente entre meia hora antes e meia hora após a elongação da mesma. As leituras dos ângulos foram feitas mirando-se o teodolito para o astro, fixando o mesmo no centro da luneta, onde foram lidos e anotados os ângulos horizontais. A cada leitura foram tomados os diferentes instantes cronométricos (I)

A planilha Excel a seguir apresenta os dados obtidos das observações:

ASTRONOMIA GEODÉSICA II

OBSERVAÇÃO: Elongação de uma estrela

GRUPO: Cristiano, Rita, Roberto, Sandra

DATA: 3/4/2008

ESTRELA: Mimosa Beta Crucis

HORÁRIO INÍCIO: 18:47 **HORÁRIO FIM:** 20:30

TEODOLITO N.º: 1

LEITURA HORIZONTAL DA MIRA				
	GRAUS	MIN	SEG	DECIMAL
DIRETA	278	3	41	278,061389

OBSERVAÇÕES ASTRONÔMICAS

ÂNGULOS HORIZONTAIS (LH)					HORA LEGAL(I)			
LEITURAS	GRAUS	MIN	SEG	DECIMAL	HORA	MIN	SEG	DECIMAL
1	220	7	58	220,132778	18	53	20	18,888889
2	220	2	59	220,049722	18	56	45	18,945833
3	219	54	46	219,912778	19	2	57	19,049167
4	219	48	42	219,811667	19	8	15	19,137500
5	219	46	15	219,770833	19	10	58	19,182778
6	219	43	5	219,718056	19	14	1	19,233611
7	219	40	58	219,682778	19	16	38	19,277222
8	219	37	25	219,623611	19	21	23	19,356389
9	219	35	25	219,590278	19	24	59	19,416389
10	219	33	41	219,561389	19	27	58	19,466111
11	219	32	59	219,549722	19	29	41	19,494722
12	219	32	4	219,534444	19	32	14	19,537222
13	219	30	41	219,511389	19	38	28	19,641111
14	219	31	29	219,524722	19	43	52	19,731111
15	219	31	21	219,522500	19	45	49	19,763611
16	219	32	35	219,543056	19	50	55	19,848611
17	219	34	7	219,568611	19	54	54	19,915000
18	219	36	59	219,616389	19	59	43	19,995278
19	219	42	48	219,713333	20	6	48	20,113333
20	219	49	36	219,826667	20	13	17	20,221389
21	219	56	49	219,946944	20	18	28	20,307778
22	220	3	8	220,052222	20	23	7	20,385278
23	220	10	4	220,167778	20	26	43	20,445278

3.0 CÁLCULO DO AZIMUTE DA MIRA

Com os dados da planilha anterior determinou-se uma parábola LH x I cujos dados foram ajustados para se determinar o valor máximo ou mínimo da leitura horizontal.

No entanto, observando-se os dados da planilha Excel, pode-se previamente verificar que a elongação da estrela foi aproximadamente às 19:38 horas (leitura Nº. 13) cuja LH era de 219° 30' 41".

Para ajustar a parábola, foi utilizado programa computacional, em linguagem FORTRAN, desenvolvido pelo Professor Basílio, alimentando-o com os dados obtidos das medições de LH e I.

A equação da parábola é:

$$LH = a H^2 + b H + c$$

Derivando-se LH e igualando-se a zero, encontram-se os máximos e mínimos da parábola. Ajustando-a através do método dos mínimos quadrados e determinando os valores de a, b e c, pode-se obter o valor de H para o qual LH é mínimo, ou seja, o momento da elongação onde:

$$H = - b / 2 a$$

$$LH = (- b^2 / 4 a) + c$$

Os valores encontrados para os parâmetros foram:

$$a = 1,04296093$$

$$b = - 41,0242922$$

$$c = 622,932582$$

Então:

$H = - (-41,0242922) / 2 \times 1,04296093 = 19,66722387 \text{ h} = 19^\circ 40' 02''$, que é o instante da hora legal em que a estrela sofreu elongação.

$LH = - (- 41,0242922)^2 / 4 (1,04296093) + 622,932582 = 219,5156124 = 219^\circ 30' 56''$, que é a leitura horizontal no instante em que a estrela sofreu elongação.

Para o dia 03/04/2008, os valores da declinação e da ascensão reta da estrela foram determinados, mais precisamente, sabendo-se a fração do ano correspondente àquela data:

$$(31+29+31+3) = 94 \text{ dias} \rightarrow 94/365,25 = 0,257 \text{ dias}$$

No site do Simbad Astronomical consultou-se com o valor: 2008,257 sendo que:

$$\delta = -59^{\circ}41'19,6''$$

$$\alpha = 12:47:43,2 \text{ h}$$

A latitude aproximada de Porto Alegre foi dado pelo Prof. Basílio: $\varphi = 30^{\circ} 04' 25''$

Com esses dados, calculou-se o azimute da elongação:

$$\text{sen } A_{\text{elong}} = \pm \cos \delta / \cos \varphi = \cos (-59^{\circ}41'19,6'') / \cos 30^{\circ} 04' 25''$$

$$A_{\text{elong}} = \text{arc sen } 0,583206653 = -35,67639911 = -35^{\circ} 40' 35''$$

A estrela estava a sudeste, ou seja, no 2º quadrante então:

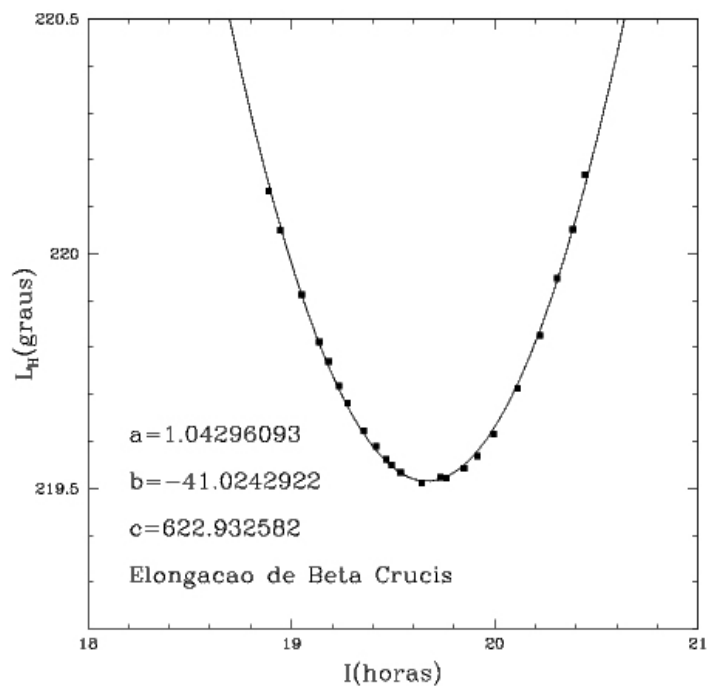
$$A_{\text{elong}} = 180^{\circ} - 35^{\circ} 40' 35'' = 144^{\circ} 19' 25''$$

A leitura horizontal da mira foi: $L_{H,mira} = 278,061389 = 278^{\circ} 03' 41''$

Então:

$$A_{\text{mira}} = A_{\text{elong}} + L_{H,mira} - L_{H,elong} = 144^{\circ} 19' 25'' + 278^{\circ} 03' 41'' - 219^{\circ} 30' 56,8'' = 202^{\circ} 52' 9,8''$$

A parábola LH x I, representando a elongação da estrela Mimosa Beta Crucis, está apresentada a seguir:



3 CONCLUSÕES

Com este trabalho prático, verificou-se que é possível determinar o azimute de uma mira, fazendo observações astronômicas no momento da elongação de uma estrela, associando os dados obtidos às coordenadas equatoriais da estrela.

Esses procedimentos contribuíram para o aprendizado das técnicas de determinações da Astronomia Geodésica.

REFERÊNCIAS

- **APOSTILA DE ASTRONOMIA GEODÉSICA II.** Desenvolvido por Adriano Salviano & Basílio Santiago Xavier. Disponível em < <http://www.if.ufrgs.br/oei/santiago/fis2006/index.htm>>. Acesso em 30 de abril de 2008.
- **SIMBAD ASTRONOMICAL.** Desenvolvido por Centre de Données Astronomiques de Strasbourg ULP/CNRS . Disponível em < <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad> > Acesso em 17/04/2008