

POSIÇÕES DE ASTERÓIDES DO PROGRAMA INTERNACIONAL DO INSTITUTO DE ASTRONOMIA TEÓRICA DE LENINGRADO OBTIDAS NO RIO DE JANEIRO

H. Debehogne

Luiz Eduardo S. Machado

José Felipe C. Caldeira

Gilson G. Vieira

Edgar R. Netto

ABSTRACT - In september 1977, we have observed Minor Planets at Rio de Janeiro, most of them indicated as to be observed (signed X, XX or + in Ephemerides Minor Planets from ITA or required by Program of Leningrad) . The instrument Astrographic Camera ( $f = 170\text{cm}$ ,  $\phi = 25\text{cm}$ ) was used. By clear sky, magnitude 13.5 to 14 could be attained.

Measures and reductions were performed at the Observatório do Valongo with the Ascorecord measuring machine ( $0,1\mu$ ) and by means of five reference stars (SAO catalogue) on the Burroughs B6700 NCE-UFRJ computer.

### I - Introdução

O Instituto de Astronomia Teórica de Leningrado (I.T.A.) está, pela União Astronômica Internacional, encarregado de centralizar as observações de asteróides e de editar anualmente as "Ephemeridi Malik Planet".

Essas efemérides possibilitam aos Astrônomos a obtenção das coordenadas equatoriais uranográficas, bem como as componentes dos movimentos próprios em ascensão reta e declinação e as magnitudes aparentes, de dez em dez dias, nos períodos favoráveis às observações telescópicas, isto é, no entorno das oposições dos asteróides ao Sol.

Na impossibilidade de contar com o telescópio refrator Cooke de 30 cm de abertura do Observatório do Valongo, em fase de atualização de seu mecanismo de acompanhamento, foi utilizada a câmara astrográfica de 25cm de diâmetro e 1,70m de distância focal do telescópio refrator Cooke de 45cm de diâmetro e 6,50m de distância focal do Observatório Nacional do Rio de Janeiro. Como

luneta guia foi utilizado o telescópio principal, havendo, assim, um ganho de 3,82 vezes na precisão do acompanhamento, efetuado sempre por uma estrela nas vizinhanças do asteróide, definidor do centro do campo.

As placas fotográficas, devidamente orientadas antes de cada exposição, foram utilizadas três vezes consecutivamente, com decalagens em ascensão reta e com intervalos de tempo entre as exposições de forma a permitir, com relativa facilidade, a identificação do asteróide e a obtenção, com economia de tempo e de material, de três posições para cada placa.

As observações e as reduções foram realizadas durante o curso de aperfeiçoamento em Astrometria Extrameridiana, ministrado sob a orientação do Prof. Dr. Henri Debehogne, do Observatório Real da Bélgica e com apoio financeiro da CAPES/MEC, pelo Programa da Capacitação de Docentes do Ensino Superior.

## II - Método

Todas as placas foram medidas no Coordenatógrafo Ascorecord, Zeiss/Jena, do Observatório do Valongo, pelos Professores Luiz Eduardo S. Machado, José Felipe C. Caldeira, Edgar R. Netto e Gilson G. Vieira.

As medidas foram efetuadas com a precisão do décimo do micron, o último algarismo sendo considerado como não significante, devido:

1. características técnicas do equipamento
2. processo analítico da redução
3. precisão dos catálogos estelares
4. definição das imagens fotográficas.

As estrelas de referência, ou de base, foram utilizadas com ascensão reta até o milésimo do segundo de tempo e com declinação até o centésimo do segundo de arco, de acordo com a precisão do catálogo do Smithsonian Astrophysical Observatory. (SAO catalog, 1966).

As efemérides dos asteróides foram obtidas do "Ephemeridi Malik Planets" (Leningrado, 1977), sendo selecionados os planetóides pertinentes ao "Programa de Leningrado", cuja execução é supervisionada pela Dra. V. Orelskaya do I.T.A., Leningrado, União Soviética.

O processo de redução, utilizando cinco estrelas de referência, está baseado no método das dependências ( $D_1$ ) idealizado por Frank Schlesinger, combinado com o uso das coordenadas standard de H. H. Turner, ou seja das coordenadas retilíneas ( $x_1, Y_1$ ) das estrelas de referência no plano tangente à esfera celeste. As coordenadas medidas ( $x_1, y_1$ ) correspondem às coordenadas das mesmas estrelas no plano da placa fotográfica, por hipótese coincidente como plano focal da objetiva do telescópio, fig. 1:

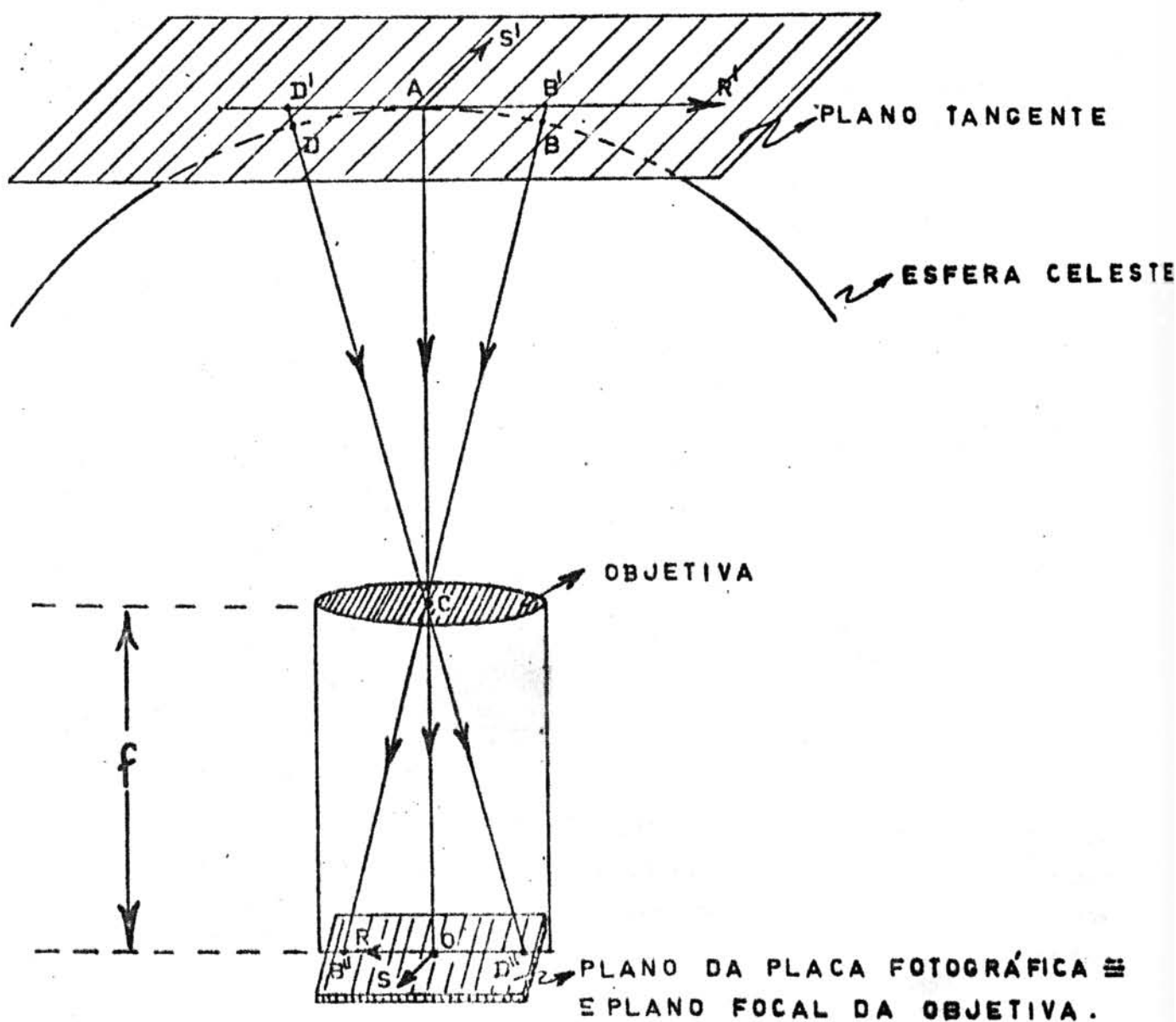


Fig. 1

No plano tangente, o ponto A (ponto de tangência) é a interseção do eixo óptico ( $\overline{C O}$ ) do telescópio com a esfera celeste. Nesse plano, o ângulo  $R' A S'$  define o referencial das coordenadas standard (H. H. Turner) dos astros nele projetados, ou seja,  $(X, Y)$ .

No plano da placa fotográfica (plano focal da objetiva do telescópio) o ponto  $\sigma$  representa o centro da placa. Nesse plano, o ângulo  $R O S$  define o referencial das coordenadas medidas das imagens dos astros, ou seja  $(x, y)$ .

O segmento de reta  $\overline{C O}$  mede a distância focal ( $f$ ) da objetiva do telescópio.

Na esfera celeste, as coordenadas dos astros, ou dos pontos A, B ou D são expressas habitualmente por meio do sistema de coordenadas esféricas equatoriais uranográficas  $(\alpha, \delta)$ .  $\alpha$  é a ascensão reta e  $\delta$  é a declinação, definidas para um determinado equinócio. No caso presente, o equinócio é o de 1950,0.

Chamando  $X_p, Y_p$  e  $x_p$  e  $y_p$  as coordenadas standard e medidas do asteróide, ter-se-á:

$$x_p = \sum_{i=1}^n D_i X_i$$

$n = 5$ , no caso presente

$$y_p = \sum_{i=1}^n D_i Y_i$$

onde  $D_i$  é definido por

$$x_p = \sum_{i=1}^n D_i x_i$$

$$y_p = \sum_{i=1}^n D_i y_i$$

$$1 = \sum_{i=1}^n D_i$$

As equações simultâneas foram resolvidas pelo método dos multiplicadores de Lagrange, usando a condição:



Pela Trigonometria Esférica, obtém-se:

$$X = \frac{\cos \delta \operatorname{sen} (\alpha - \alpha_0)}{A}$$

$$Y = \frac{\operatorname{sen} \delta \cos \delta_0 - \cos \delta \cos \delta_0 \cos (\alpha - \alpha_0)}{A}$$

onde

$$A = \operatorname{sen} \delta \operatorname{sen} \delta_0 + \cos \delta \cos \delta_0 \cos (\alpha - \alpha_0)$$

e

$$\operatorname{tg} (\alpha - \alpha_0) = \frac{X}{\cos \delta_0 - Y \cdot \operatorname{sen} \delta_0}$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\cos (\alpha - \alpha_0) (\operatorname{sen} \delta_0 + Y \cdot \cos \delta_0)}{\cos \delta_0 - Y \cdot \operatorname{sen} \delta_0}$$

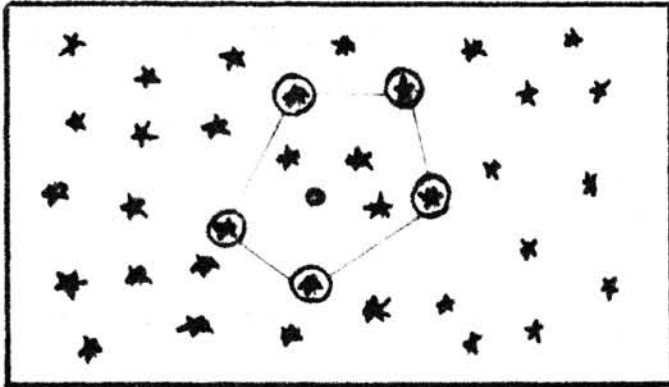
O sistema de coordenadas equatoriais celestes depende, como é óbvio, dos efeitos combinados da precessão, nutação, aberração, paralaxe, movimento próprio, devendo ser definido para um determinado equinócio, por hipótese o das efemérides astronômicas empregado na redução analítica das placas fotográficas.

O sistema de coordenadas standard é isento de correções, pois materializa uma ideação puramente geométrica.

O sistema de coordenadas medidas depende de diversos fatores, entre os quais são relevantes:

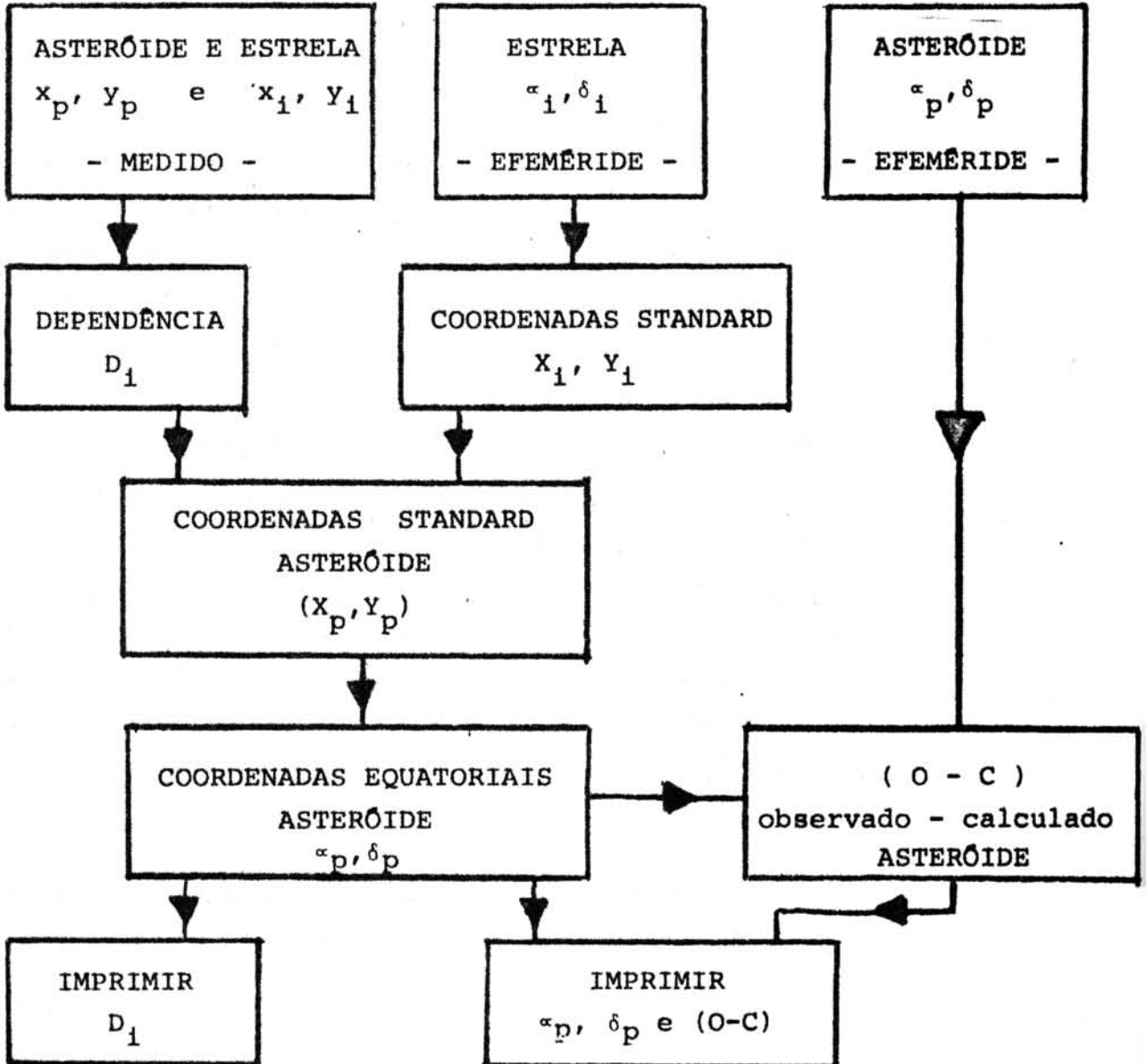
- a) coeficientes de redução da placa, isto é, fatores que implicam na orientação, inclinação, centragem da placa, bem como do perpendicularismo dos eixos do sistema de referência, em relação ao eixo óptico do telescópio;
- b) idênticos fatores para o equipamento de leitura da placa;
- c) fatores atmosféricos, como refração, turbulência, definição das imagens fotográficas, etc.

O número de estrelas de referência depende da ação combinada de todos os fatores e, por experiência anterior, foram escolhidas cinco estrelas nas proximidades do asteroide, caracterizando, assim, a figura geométrica de um pentágono, fig. 3:



ESTRELAS DE REFERÊNCIA OU BASE  
 ASTERÓIDE

O fluxograma das operações pode ser representado por:



O programa computacional desenvolvido no Observatório Real da Bélgica foi adaptado pelo Prof. Gilson G. Vieira para o Computador Burroughs B-6700 do Núcleo de Computação Eletrônica (NCE) do Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

O programa se encontra no Observatório do Valongo a disposição dos interessados. Deixa de ser reproduzido por falta de espaço.

### III - Resultados

O quadro 1 apresenta o resultado final da listagem das posições (ascensão reta e declinação) dos asteróides.

O quadro 2 explicita os valores das dependências ( $D_1$ ) em função das estrelas de referência.



## QUADRO I

1977 T.U.

Nº	OBJECT	PLATE	MONTH		DAY		1950			1950			O - C	
			MONTH	DAY	h	m	s	O	'	"	'	"		"
01	8 FLORA	114	9	9.055456	18	40	4.182	-25	7	7.94			-0.41	-0.6
02	8 FLORA	114	9	9.072770	18	40	4.557	-25	7	9.81			-0.41	-0.6
03	8 FLORA	114	9	9.090083	18	40	5.165	-25	7	10.54			-0.41	-0.6
04	11 PARTHENOPE	119	9	10.918758	17	50	14.088	-22	21	11.41			-0.32	-0.2
05	11 PARTHENOPE	119	9	10.961696	17	50	16.763	-22	21	18.76			-0.32	-0.2
06	14 IRENE	118	9	10.204054	23	55	22.111	-15	20	23.80			0.06	-0.9
07	14 IRENE	118	9	10.226215	23	55	21.018	-15	20	31.54			0.06	-0.9
08	14 IRENE	118	9	10.252532	23	55	19.688	-15	20	41.20			0.06	-0.9
09	14 IRENE	123	9	11.276806	23	54	28.080	-15	26	54.97			0.03	-0.8
10	14 IRENE	123	9	11.298275	23	54	26.889	-15	27	2.08			0.03	-0.8
11	17 THETIS	120	9	10.986628	19	51	43.273	-22	39	26.32			-0.37	-1.3
12	17 THETIS	120	9	11.039954	19	51	43.905	-22	39	32.63			-0.37	-1.3
13	17 THETIS	120	9	11.093973	19	51	44.594	-22	39	37.58			-0.36	-1.3
14	21 LUTETIA	116	9	9.222360	21	44	14.159	-19	28	29.97			-0.33	-3.0
15	21 LUTETIA	116	9	9.239674	21	44	13.457	-19	28	32.36			-0.33	-3.0
16	21 LUTETIA	116	9	9.256987	21	44	12.843	-19	28	34.55			-0.33	-3.0
17	21 LUTETIA	122	9	11.196470	21	43	5.964	-19	32	20.40			0.02	-2.5
18	21 LUTETIA	122	9	11.217247	21	43	5.201	-19	32	24.03			0.02	-2.5
19	21 LUTETIA	122	9	11.238716	21	43	4.539	-19	32	26.34			0.02	-2.5

## QUADRO 2

## DEPENDENCES

Nº	REFERENCE STARS	EMPLOYED S	POSITIONS "	DEPENDENCES
1	187120	42.853	34.96	0.153862
	187158	15.263	3.90	0.186942
	187171	47.681	48.72	0.198131
	187199	59.254	9.29	0.224178
	187212	36.447	17.41	0.236888
2	187120	42.853	34.96	0.152438
	187158	15.263	3.90	0.186399
	187171	47.681	48.72	0.198257
	187199	59.254	9.29	0.224724
	187212	36.447	17.41	0.238182
3	187120	42.853	34.96	0.150066
	187158	15.263	3.90	0.185817
	187171	47.681	48.72	0.198065
	187199	59.254	9.29	0.226065
	187212	36.447	17.41	0.239988
4	185834	38.470	4.72	0.246238
	185881	31.893	19.10	0.238224
	185903	29.037	31.96	0.172724
	185932	58.091	22.93	0.197751
	185961	9.316	13.13	0.145063
5	185834	38.470	4.72	0.239522
	185881	31.893	19.10	0.234022
	185903	29.037	31.96	0.174918
	185932	58.091	22.93	0.199313
	185961	9.316	13.13	0.152225
6	165949	45.190	1.50	0.088062
	165953	56.062	24.35	0.165662
	165970	23.736	20.17	0.247988
	165972	47.069	33.06	0.196289
	165989	27.729	37.69	0.302000

## DEPENDENCES

Nº	REFERENCE STARS	EMPLOYED	POSITIONS	DEPENDENCES
		S	"	
7	165949	45.190	1.50	0.090793
	165953	56.062	24.35	0.166805
	165970	23.736	20.17	0.246981
	165972	47.069	33.06	0.196021
	165989	27.729	37.69	0.299400
8	165949	45.190	1.50	0.094201
	165953	56.062	24.35	0.168124
	165970	23.736	20.17	0.245686
	165972	47.069	33.06	0.195684
	165989	27.729	37.69	0.296305
9	165949	45.190	1.50	0.225280
	165953	56.062	24.35	0.219819
	165970	23.736	20.17	0.196546
	165972	47.069	33.06	0.183541
	165989	27.729	37.69	0.174814
10	165949	45.190	1.50	0.228192
	165953	56.062	24.35	0.221182
	165970	23.736	20.17	0.195586
	165972	47.069	33.06	0.182963
	165989	27.729	37.69	0.172077
11	188671	1.127	37.11	0.275574
	188686	3.537	22.76	0.387789
	188701	54.383	20.74	-0.030255
	188736	40.746	52.34	0.079518
	188738	43.243	10.41	0.287374
12	188671	1.127	37.11	0.273445
	188686	3.537	22.76	0.384742
	188701	54.383	20.74	-0.027311
	188736	40.746	52.34	0.081922
	188738	43.243	10.41	0.287202
13	188671	1.127	37.11	0.271063
	188686	3.537	22.76	0.382027
	188701	54.383	20.74	-0.024859
	188736	40.746	52.34	0.084423
	188738	43.243	10.41	0.287346

## DEPENDENCES

NO	REFERENCE STARS	EMPLOYED S	POSITIONS "	DEPENDENCES
14	164593	52.407	42.75	0.151725
	164610	14.169	17.74	0.024947
	164650	35.883	7.64	0.338050
	164654	53.308	36.49	0.191174
	164669	54.493	46.62	0.294104
15	164593	52.407	42.75	0.152206
	164610	14.169	17.74	0.027318
	164650	35.883	7.64	0.336175
	164654	53.308	36.49	0.191352
	164669	54.493	46.62	0.292949
16	164593	52.407	42.75	0.152627
	164610	14.169	17.74	0.029364
	164650	35.883	7.64	0.334516
	164654	53.308	36.49	0.191664
	164669	54.493	46.62	0.291829
17	164608	6.171	11.77	0.120565
	190584	15.985	2.61	0.264525
	164625	35.572	39.56	0.136729
	164650	35.883	7.64	0.209830
	164654	53.308	36.49	0.268351
18	164608	6.171	11.77	0.121802
	190584	15.985	2.61	0.267092
	164625	35.572	39.56	0.136418
	164650	35.883	7.64	0.207919
	164654	53.308	36.49	0.266769
19	164608	6.171	11.77	0.122948
	190584	15.985	2.61	0.269192
	164625	35.572	39.56	0.136226
	164650	35.883	7.64	0.206331
	164654	53.308	36.49	0.265303

## BIBLIOGRAFIA

- DEBEHOGNE, H. 1970. Coll. Prague, Cospar Tr. 107.  
1969. Bull. Ac. Riy. Belg. Cl. Sc., S5, TVL, 5, 415.  
1970. Astronomy and Astrophysic, 8, 2, 68.  
1977. Cours à l'Université Fédérale de Rio de Janeiro
- INSTITUTO DE ASTRONOMIA TEÓRICA DE LENINGRADO. Rússia. 1977. Ephemeri  
ridi Malik Planet.
- SCHLESINGER, F. Photographic Determinations of Stellar Parallax  
Made with the Yerkes Refractor - Astrophysical Journal 33 (1911)  
e 34 (1911).
- SMART, W.M. 1977. Textbook on Spherical Astronomy, Cambridge, Cam-  
bridge University Press.
- SMITHSONYAN ASTROPHYSICAL OBSERVATORY. Cambridge, U.S.A. 1966. Catal  
ogue Sao.
- TURNER, H.H. Londres. 1893. Monthly Notices of the Royal Astronomi-  
cal Association, Vol LIV, p.13.