

FERNANDO HATSCHBACH  
Engenheiro Civil

“REDUÇÃO DE COORDENADAS CELESTES E  
IDENTIFICAÇÃO DE ESTRELAS EM CATÁLOGOS  
GRAVADOS EM FITAS MAGNÉTICAS. PROGRAMAS  
EM LINGUAGEM FORTRAN IV”

Tese de Grau de  
“MESTRE EM CIÊNCIAS”

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS

Curitiba, junho de 1975

## AGRADECIMENTOS

O autor deseja manifestar seus profundos agradecimentos:

ao Professor Camil Gemael pela orientação e incentivo na execução deste trabalho;

ao Professor Carlos Alberto Picanço de Carvalho pela inestimável colaboração na confecção dos programas;

ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico - BNDE - pelo apoio financeiro;

a todos os demais que direta ou indiretamente colaboraram neste trabalho.

## RESUMO.

Este trabalho pode ser dividido em duas partes. A primeira é uma monografia na qual são abordados os diversos sistemas de coordenadas celestes, a redução de coordenadas médias de uma época para coordenadas aparentes em outra época, utilizando trigonometria esférica e cálculo matricial, além de um capítulo sobre catálogos estelares. Na segunda parte são apresentados dois programas em linguagem Fortran IV. O primeiro reduz as coordenadas médias em aparentes e o segundo identifica estrelas catalogadas em fitas magnéticas, das quais se conhecem apenas as coordenadas uranográficas aproximadas.

## ABSTRACT

This work can be divided in two parts. The first one is a monograph about the several celestial coordinate systems, the reduction of the mean coordinates of an epoch to apparent in another one, using spherical trigonometry and matrices. A star catalogue chapter is also presented. In the second part two Fortran programs are shown. The first one reduces the mean coordinates to apparent. The second one identifies stars, which are catalogued in a magnetic tape. From these stars one only knows the approximated equatorial coordinates.

## SUMÁRIO

	<u>PÁG.</u>
TÍTULO	i
AGRADECIMENTOS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
SUMÁRIO	v
1 - INTRODUÇÃO	01
2 - COORDENADAS CELESTES	03
2.1 - Sistema de coordenadas esféricas	03
2.2 - Sistema de coordenadas horizontais	04
2.3 - Sistema de coordenadas horárias	07
2.4 - Sistema de coordenadas uranográficas ou equatoriais	09
2.5 - Sistema de coordenadas eclípticas	11
2.6 - Tempo sideral	12
2.7 - Coordenadas geográficas	14
3 - TRANSFORMAÇÃO DE COORDENADAS CELESTES	17
3.1 - Trigonometria esférica	17
3.1.1 - Transformação de coordenadas uranográficas em horárias e vice-versa	17
3.1.2 - Transformação de coordenadas horárias em horizontais e vice-versa	18
3.1.3 - Transformação de coordenadas eclípticas em uranográficas e vice-versa	21
3.2 - Cálculo matricial	24
3.2.1 - Matrizes de rotação e reflexão	24
3.2.2 - Transformação de coordenadas horizontais ( $X_i, h, A$ ) em horárias ( $Y_j, \delta, H$ ) e vice-versa	28
3.2.3 - Transformação de coordenadas horárias ( $Y_i, \delta, H$ ) em uranográficas ( $Z_i, \delta, \alpha$ ) e vice-versa	31
3.2.4 - Transformação de coordenadas uranográficas ( $Z_i, \delta, \alpha$ ) em coordenadas eclípticas ( $T_j, \beta, \lambda$ ) e vice-versa	33

	<u>PÁG.</u>
3.2.5 - Transformação de coordenadas horizontais em eclípticas e vice-versa	35
VARIAÇÃO DAS COORDENADAS CELESTES	36
4.1 - Histórico	36
4.2 - Fatores determinantes destas variações	36
4.3 - Precessão geral e nutação	37
4.3.1 - Precessão luni-solar	37
4.3.2 - Nutação	40
4.3.3 - Precessão planetária	42
4.3.4 - Precessão geral	43
4.3.5 - Efeito da precessão geral e da nutação nas coordenadas uranográficas de um ponto fixo na esfera celeste	43
4.3.6 - Cálculo da precessão geral	44
4.3.6.1 - Reduções das coordenadas equatoriais $\alpha$ e $\delta$ de uma época $T_0$ para uma época $T$ pelo efeito da precessão geral	46
a) Por trigonometria esférica	46
b) Por matrizes de rotação	47
c) Precessão geral em séries de Taylor	49
d) Precessão geral para intervalo de tempo não superior a um ano	50
4.3.7 - Cálculo da nutação	53
a) Trigonometria esférica	54
b) Matrizes de rotação	54
4.3.8 - Efeito conjunto da precessão geral e nutação para curtos períodos	56
4.3.9 - Termos de curto período em nutação	59
4.4 - Aberração	61
4.4.1 - Aberração estelar	62
4.4.1.1 - Aberração anual	64
4.4.1.2 - Elipse de aberração	65
4.4.1.3 - Aberração anual circular	65
4.4.1.4 - Aberração anual elíptica	71
4.4.1.5 - Aberração diária	74
4.4.2 - Correção para o tempo de deslocamento da luz	78
4.4.3 - Aberração planetária	79

	<u>PÁG.</u>
4.5 - Paralaxe	81
4.5.1 - Paralaxe anual ou ânua	82
4.5.2 - Paralaxe diária	88
4.6 - Movimento próprio	92
4.6.1 - Componentes radial e transversal do movimento próprio	93
4.6.2 - Variação das componentes devido ao tempo	93
4.6.3 - Variação das componentes devido a precessão	96
4.6.4 - Efeito conjunto da variação das componentes do movimento próprio devido ao tempo e à precessão	98
4.6.5 - Efeito do movimento próprio por matrizes de rotação	100
4.7 - Refração	101
4.8 - Movimento do polo	108
4.9 - Cálculo de uma posição aparente	114
4.9.1 - Solução clássica	115
a) Números diários de Bessel	116
b) Números diários independentes	117
4.9.2 - Solução rigorosa por cálculo matricial	118
5 - CATÁLOGOS ESTELARES	121
5.1 - Catálogos fundamentais	123
5.2 - Catálogos relativos	128
5.3 - Catálogos de compilação	130
5.4 - Catálogos diversos	132
6 - PROGRAMA EM LINGUAGEM FORTRAN PARA IDENTIFICAÇÃO DE ESTRELAS NO CATÁLOGO DA S.A.O	134
6.1 - Triangulação celeste	134
6.2 - Programa para identificação das estrelas	137
7 - PROGRAMA EM LINGUAGEM FORTRAN PARA REDUÇÃO DE COORDENADAS DA ÉPOCA DO CATÁLOGO ( $T_0$ ) PARA A ÉPOCA DA OBSERVAÇÃO (T)	149

	<u>PÁG.</u>
8 - CONCLUSÕES	157
APÊNDICES	158
Apêndice I - Exemplos de páginas do A.E.N.A.	159
Apêndice II - Exemplo de uma circular D do B.I.H.	162
Apêndice III - Exemplo de um boletim mensal do I.P.M.S	163
Apêndice IV - Exemplo de páginas do FK3	164
Apêndice V - Exemplo de páginas do FK4	168
Apêndice VI - Exemplo de uma página do A.P.F.S.	171
Apêndice VII - Exemplo de página do G.C.	172
Apêndice VIII - Exemplo de uma página do Catálogo do S.A.O.	174
SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	175
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	184



## 1 - INTRODUÇÃO

A determinação dos co-senos diretores da direção estação-satélite por meio de câmaras balísticas em Geodésia Celeste pressupõe o conhecimento das coordenadas celestes de várias estrelas, por vezes mais de uma centena, que aparecem na fotografia juntamente com o satélite. Apenas algumas dessas estrelas são facilmente identificadas por meio de cartas celestes para que suas coordenadas sejam retiradas de catálogos. Com comparadores são medidos ao micron na chapa fotográfica pares de coordenadas retilíneas das imagens dessas estrelas. Podem então ser obtidas relações matemáticas aproximadas entre as coordenadas retilíneas e as celestes as quais conduzem a valores chamados constantes de placa. Estas constantes permitem que sejam determinadas coordenadas celestes aproximadas a partir das coordenadas retilíneas medidas das estrelas desconhecidas. Com as coordenadas celestes aproximadas podem ser, através de uma pesquisa em catálogo, identificadas as estrelas.

O Smithsonian Astrophysical Observatory da Smithsonian Institution publicou um catálogo estelar para 258.997 estrelas. Esse catálogo além de ser impresso é gravado em fitas magnéticas. Neste trabalho apresentamos um programa em Linguagem Fortran que identifica estrelas nas fitas magnéticas, a partir das coordenadas aproximadas.

Os catálogos estelares fornecem coordenadas celestes para uma determinada época. Essas coordenadas sofrem variações com o tempo, as quais podem ser calculadas para a obtenção das coordenadas no instante da observação. Um segundo programa em Linguagem Fortran foi elaborado para fazer as reduções das coordenadas celestes da época do catálogo para a época da observação, o qual pode ser útil tanto para a Geodésia

Celeste como para a Astronomia Geodésica. Os dados de entrada poderão ser os próprios dados de saída do programa anterior.

Como quase nada existe em língua portuguesa versando sobre esses assuntos, no intuito de colaborar com os interessados e principalmente com os alunos do Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná, incluimos também neste trabalho uma parte monográfica apresentando os vários sistemas de coordenadas, um estudo das variações das coordenadas celestes usando trigonometria esférica e cálculo matricial e um capítulo sobre catálogos estelares. Pensamos assim estar trazendo u'a modesta contribuição à Geodésia Celeste e à Astronomia Geodésica.

## 2 - COORDENADAS CELESTES

### 2.1 - SISTEMA DE COORDENADAS ESFÉRICAS

Um ponto P fica individualizado no espaço tri-dimensional por suas coordenadas cartesianas  $x, y, z$  referidas a um terço ortogonal  $X, Y, Z$  de origem O. Ficará definido também por suas coordenadas polares  $\theta, \psi, \rho$ , referidas ao mesmo terço (fig. 2.1).

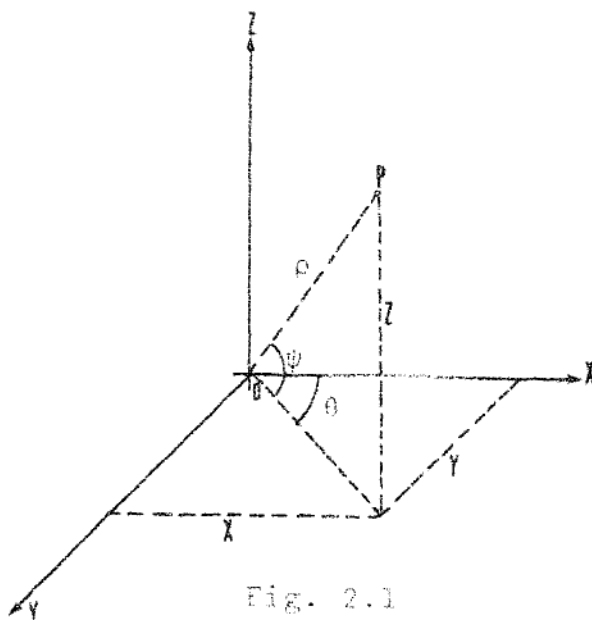


Fig. 2.1

Se o ponto P estiver sobre uma superfície esférica de raio  $\rho$ , o mesmo ficará individualizado pelas anomalias  $\theta$  e  $\psi$  pois  $\rho$  será constante. Tais anomalias constituem as coordenadas esféricas do ponto P.

Para melhor definirmos as coordenadas esféricas (fig. 2.2) chamemos o plano que contém  $X(1)-O-Y(2)$  de plano fundamental e todo o plano que contiver o eixo  $Z(3)$  de plano normal.

Abcissa esférica do ponto P será então o arco de circunferência de raio  $\rho$  e centro O contido no plano fundamental, contado desde o eixo  $X(1)$  até seu encontro com o pla

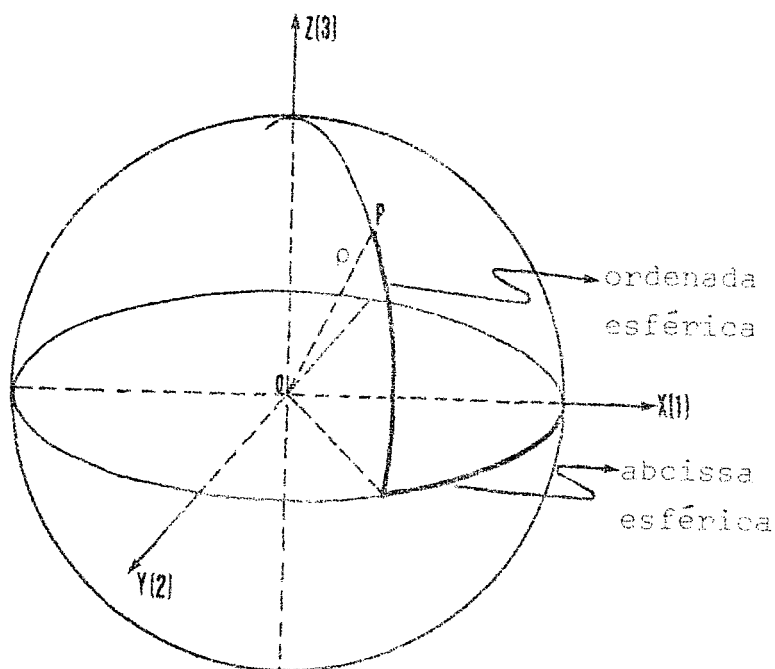


Fig. 2.2

no normal que contém o ponto P.

Ordenada esférica do ponto P será o arco de circunferência de raio  $\rho$  e centro O contido no plano normal que contém P, contado desde sua intersecção com o plano fundamental até o ponto P. Um sistema de coordenadas será dextrógiro ou de orientação direta, se um observador situado na origem O e com a cabeça na direção do eixo Z(3) enxergar o eixo X(1) se sobrepor ao eixo Y(2) da direita para a esquerda girando de um ângulo de  $90^\circ$ . Caso contrário o sistema será levógiro ou de orientação retrógrada.

O sistema de coordenadas esféricas aplicado à Astronomia utiliza como superfície esférica de referência a esfera celeste, isto é, a superfície esférica de raio arbitrário e centro coincidente com o centro da Terra, na qual supomos projetados todos os astros. [11]

## 2.2 - SISTEMA DE COORDENADAS HORIZONTAIS

No sistema de coordenadas horizontais, o plano fundamental coincide com o plano do horizonte celeste, isto

é, com o plano perpendicular à vertical do observador que passa pelo centro da Terra. (fig. 2.3).

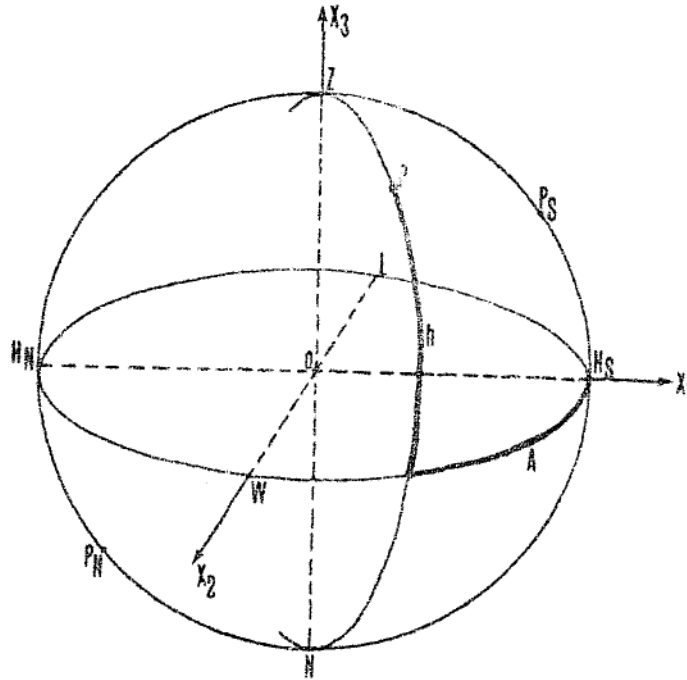


Fig. 2.3

O círculo máximo que contém os polos celestes e o zênite é o meridiano celeste do observador (\*). A intersecção do plano que contém o meridiano celeste do observador com o plano do horizonte é chamada de meridiana, a qual define dois pontos na esfera celeste o ponto sul e o ponto norte. O eixo  $X(1)$  nesse sistema coincide com a meridiana orientado na direção do ponto sul ( $X_1$ ) (\*\*).

---

(\*) Não podemos confundir com meridiano astronômico do observador (que é o círculo máximo determinado na esfera celeste pelo plano que contém a vertical e uma paralela ao eixo de rotação da Terra passante pelo ponto em que a vertical furta o equador).

(\*\*) Em muitos casos o eixo  $X_1$  poderá estar orientado na direção do ponto norte.

É um sistema levôgiro, portanto o eixo Y(2) que passaremos a chamar de  $X_2$ , coincidirá com a linha leste-oeste e estará orientado no sentido de leste para oeste. O eixo Z(3) designado neste sistema por  $X_3$  coincidirá com a vertical do observador, orientado na direção de zênite. Consequentemente os planos normais serão planos verticais.

A abcissa deste sistema é o AZIMUTE e designaremos por A. Podemos definir AZIMUTE como sendo a abcissa esférica contada no plano do horizonte desde o ponto sul até o plano vertical que contém o ponto P. Sua variação é de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  ou de  $0^\circ$  a  $+180^\circ$  por oeste e de  $0^\circ$  a  $-180^\circ$  por leste.

A ordenada correspondente chamaremos de ALTURA que será representada por h. A ALTURA é definida como sendo a ordenada contada no plano vertical que contém o ponto P, desde o plano do horizonte até P. Varia de  $0^\circ$  a  $\pm 90^\circ$ . Quando a altura é negativa o astro estará abaixo do horizonte, consequentemente não será visível para o observador naquele instante.

Em muitos casos ao invés da altura usa-se o seu complemento, a DISTÂNCIA ZENITAL Z. Sua variação é de  $0^\circ$  a  $+180^\circ$ , contada sempre a partir do zênite.

$$Z = 90^\circ - h \quad (2.1)$$

O astro será invisível quando Z for maior que  $90^\circ$ .

As coordenadas horizontais têm caráter local, isto é, variam com a posição do observador. É fácil compreender que variando esta posição variará a vertical e portanto o plano do horizonte, modificando-se completamente o sistema de coordenadas.

As coordenadas horizontais variam com o

tempo, pois as estrelas são supostas engastadas na esfera celeste; giram com ela em torno do eixo do mundo em 24 horas siderais com trajetórias paralelas ao equador celeste.

Portanto, as coordenadas horizontais variam no espaço e no tempo.

### 2.3 - SISTEMA DE COORDENADAS HORÁRIAS

O plano fundamental no sistema de coordenadas horárias coincide com o plano do equador. O eixo  $Z(3)$ , designado por  $Y_3$ , será o eixo de rotação da esfera orientado na direção do polo norte (\*). Os planos normais serão planos meridianos. O eixo  $X(1)$  agora chamado  $Y_1$  está contido no meridiano do observador. O eixo do mundo divide este meridiano em duas partes, uma que contém o zênite do observador a qual chamaremos de semi-meridiano superior e a outra que contém o nadir do observador, que será o semi-meridiano inferior. O eixo  $Y_1$  estará neste sistema orientado na direção do semi-meridiano superior. O sistema é levôgiro, portanto o eixo  $Y_2$  estará sobre a linha leste-oeste no sentido de leste para oeste (fig. 2.4).

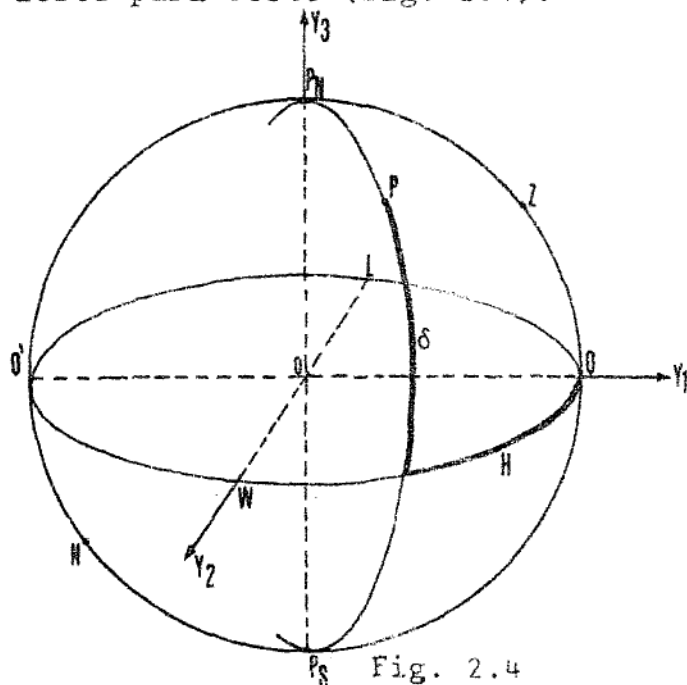


Fig. 2.4

(\*) Veremos adiante que o polo norte poderá ser instantâneo ou médio.

ÂNGULO HORÁRIO H é a abcissa esférica deste sistema, contada no plano do equador desde o semi-meridiano superior até o meridiano que contém o ponto P. Sua variação é de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  ou de  $0^\circ$  a  $+180^\circ$  por oeste e de  $0^\circ$  a  $-180^\circ$  por leste.

Em muitos casos é mais conveniente exprimir-se o ângulo horário em unidades de tempo, isto é, fazendo-se variar de 0h a 24h ou de 0h a  $+12h$  por oeste e de 0h a  $-12h$  por leste.

DECLINAÇÃO  $\delta$  no sistema de coordenadas horárias é a ordenada esférica contada no plano meridiano que contém o ponto P desde o equador até P.

A declinação varia de  $0^\circ$  a  $\pm 90^\circ$ , positiva no hemisfério norte e negativa no hemisfério sul. Em algumas ocasiões ao invés da declinação usa-se a distância polar p que é o seu complemento. Varia de  $0^\circ$  a  $+180^\circ$  e é contada a partir do polo norte.

$$p = 90^\circ - \delta \quad (2.2)$$

Podemos dizer que o sistema de coordenadas horárias tem caráter misto, pois a ordenada não varia com a posição do observador. Porém, a abcissa varia, pois variando a posição do observador variarã o semi-meridiano superior, e portanto o eixo  $Y_1$ .

Se o ponto P for uma estrela a declinação será constante em relação ao tempo (salvo pequenas variações que veremos adiante), pois sua trajetória é paralela ao equador. Já o ângulo horário irá se modificar a cada instante.



2.4 - SISTEMA DE COORDENADAS URANOGRÁFICAS  
OU EQUATORIAIS

Para podermos estabelecer o sistema de coordenadas uranoográficas, primeiramente precisamos conhecer a eclíptica. Sabemos que o sol, um astro errante, além de seu movimento diário girando com a esfera celeste, tem um movimento anual aparente. Ele se desloca na esfera descrevendo sobre ela no período de um ano uma circunferência máxima denominada ECLÍPTICA (fig. 2.5). Os planos que contêm o equador e a eclíptica formam um ângulo

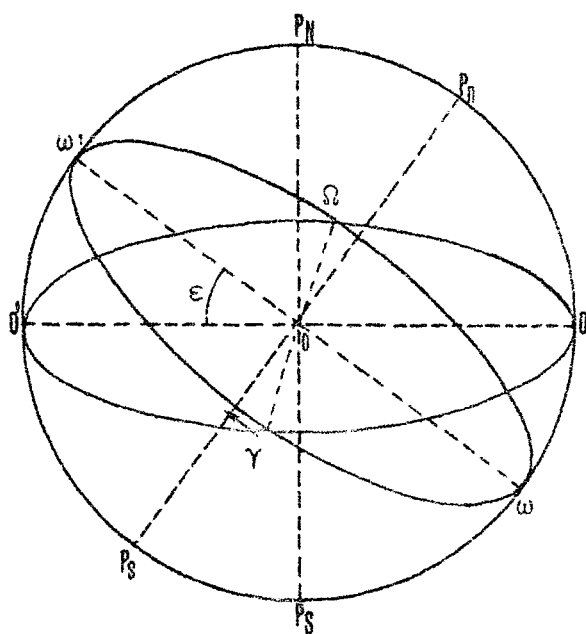


Fig. 2.5

lo conhecido por obliquidade da eclíptica ( $\epsilon$ ) e seu valor é de aproximadamente  $23^{\circ} 27'$ . O traço do plano da eclíptica com o plano do equador chama-se linha equinocial. Seus extremos são os pontos equinociais: o ponto vernal ou ponto áries representado por  $\gamma$ , que é o ponto em que o sol passa do hemisfério sul para o hemisfério norte; o seu oposto é o ponto balança ou ponto libra representado por  $\Omega$ . Os pontos que equidistam  $90^{\circ}$  dos pontos equinociais são conhecidos por pontos solsticiais ( $\omega$  e  $\omega'$ ). O diâmetro da esfera perpendicular a eclíptica é o eixo da eclíptica e deter

mina na esfera os polos da eclíptica  $p_n$  e  $p_s$ .

No sistema de coordenadas uranográficas, também chamado de coordenadas equatoriais, o plano fundamental é o plano do equador. O eixo  $X(1)$ , neste sistema  $Z_1$ , coincide com a linha equinocial orientado no sentido do ponto balança ( $\Omega$ ) para o ponto vernal ( $\gamma$ ). É um sistema dextrógiro. O eixo  $Z_3$  coincide com

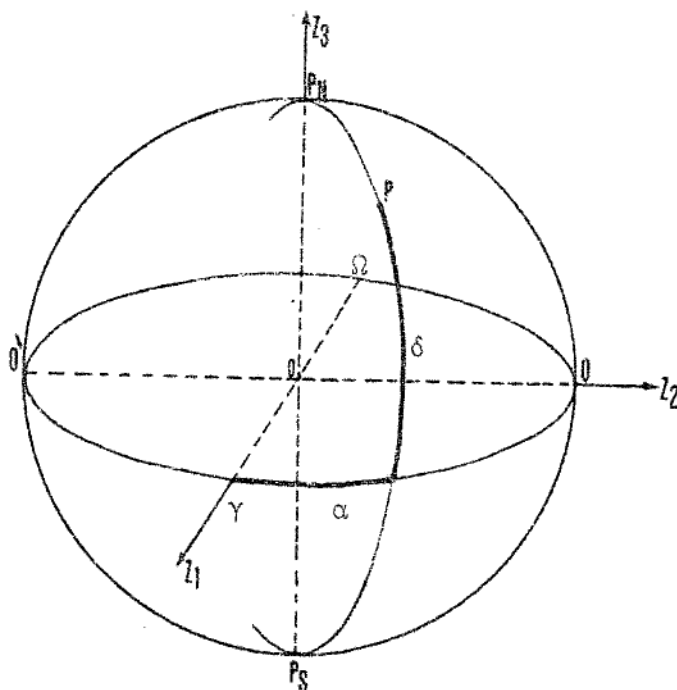


Fig. 2.6

o eixo de rotação da esfera orientado na direção do polo norte (fig. 2.6).

A abscissa denominada de ASCENÇÃO RETA  $\alpha$  é a abscissa esférica contada no plano do equador, desde o ponto vernal até o plano meridiano que contém o ponto  $P$ , com orientação dextrógiro. A ascensão reta varia de 0h a 24h. A ordenada é a mesma do sistema de coordenadas horárias, isto é, a declinação  $\delta$ .

Este sistema caracteriza-se por ser um sistema geral no qual as coordenadas não variam com a posição do observador, pois ponto vernal e equador nada tem em comum com esta

posição. Sendo P um ponto fixo da esfera celeste, ou seja, uma es trela, também não haverá variação com o tempo (salvo as pequenas variações que veremos adiante), pois o ponto vernal gira com a es fera. Estes fatos permitem que estas coordenadas sejam cataloga - das.

## 2.5 - SISTEMA DE COORDENADAS ECLÍPTICAS

Neste sistema o plano fundamental se confunde com o plano da eclíptica. O eixo X(1) designado por  $T_1$  coincide com a linha equinocial orientado no sentido do ponto ba- lança ( $\Omega$ ) para o ponto vernal ( $\gamma$ ). O eixo Z(3) agora chamado de  $T_3$  coincide com o eixo da eclíptica orientado na direção de seu polo norte  $p_n$ . É um sistema dextrógiro. O plano normal, ou seja o plano que contém  $T_3$ , é chamado plano de longitude (fig. 2.7).

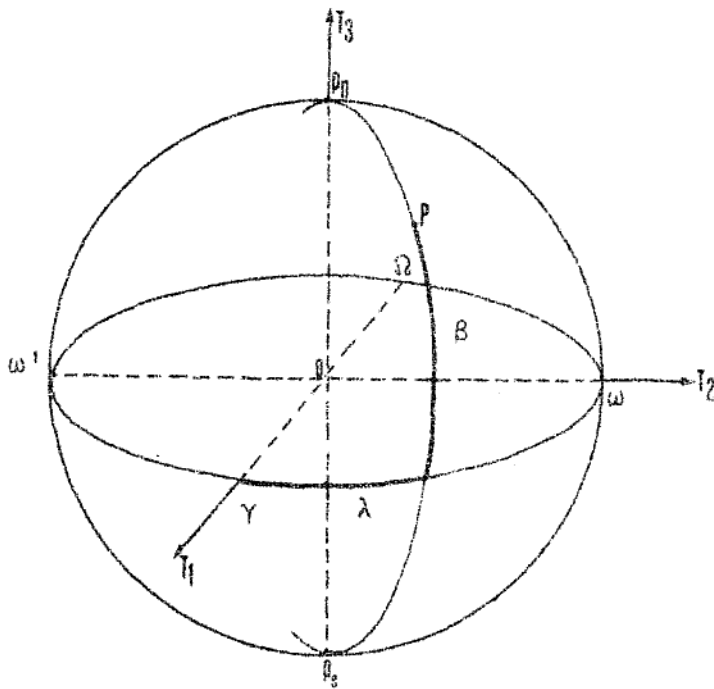


Fig. 2.7

LONGITUDE CELESTE  $\lambda$  é a abcissa. Defini- mo-la como sendo a abcissa esférica contada sobre o plano da e- clíptica desde o ponto vernal até o plano de longitude que contém o ponto P, no sentido dextrógiro. Sua variação é de  $0^\circ$  a  $360^\circ$ .

LATITUDE CELESTE  $\beta$  é a ordenada esférica contada no plano de longitude que contém o ponto P, desde o plano da eclíptica até P. Varia de  $0^\circ$  a  $\pm 90^\circ$ .

Como o sistema de coordenadas uranográficas, este sistema também independe da posição do observador.

## 2.6 - TEMPO SIDERAL

Dia sideral é o intervalo de tempo decorrido entre duas passagens consecutivas do ponto vernal pelo mesmo semi-meridiano. A fração  $\frac{1}{24}$  do dia sideral é a hora sideral.

Representemos (fig. 2.8) um hemisfério celeste projetado no plano do equador.

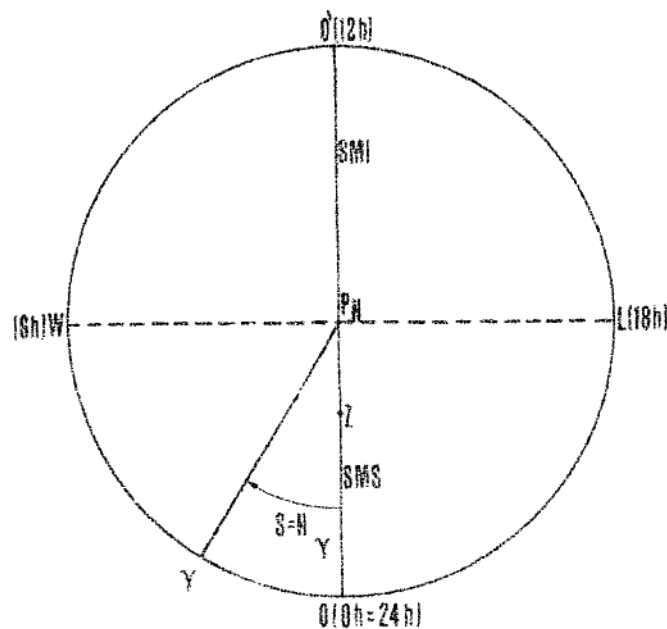


Fig. 2.8

Se considerarmos o instante em que o ponto vernal passa pelo semi-meridiano superior, isto é, pelo ponto Q, como 0h siderais, na sua passagem seguinte por esse ponto terá decorrido 1 dia sideral, ou sejam, 24 horas siderais. Podemos dizer então que no instante em que o ponto vernal passou

pelo semi-meridiano inferior (Q') eram 12 horas siderais. Da mesma maneira, nos instantes em que o mesmo passou por W e por L eram 6 e 18 horas siderais respectivamente. Concluimos então que a hora sideral num determinado instante é igual ao arco de equador, contado em unidade de tempo, desde o semi-meridiano superior até o ponto vernal. Mas, este arco nada mais é do que o ângulo horário do ponto vernal ( $H_Y$ ) neste instante. Podemos então dizer que a hora sideral num determinado instante é igual ao ângulo horário do ponto vernal neste mesmo instante.

$$S = H_Y \quad (2.3)$$

Representemos (fig. 2.9) um astro referido aos sistemas de coordenadas horárias e equatoriais simultaneamente. Concluimos de imediato pela figura que:

$$S = H_Y = H + \alpha \quad (2.4)$$

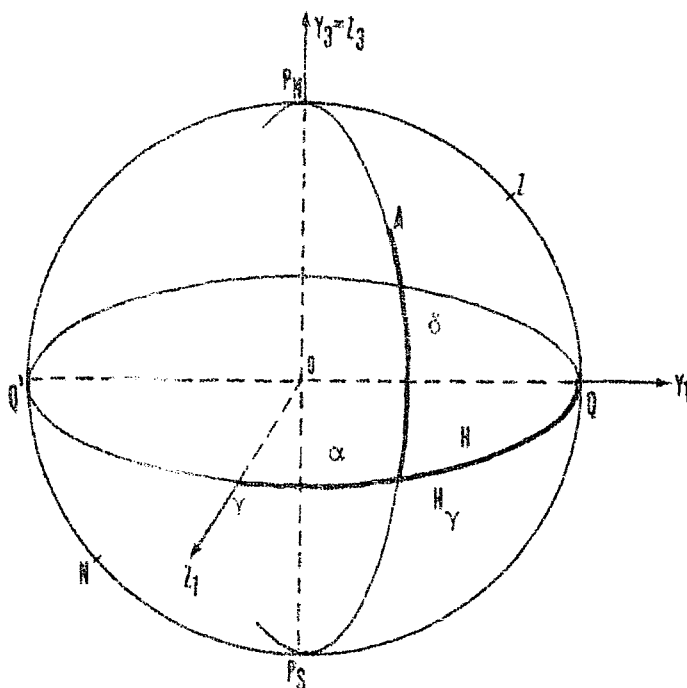


Fig. 2.9

A equação (2.4) é conhecida como a equação fundamental da Astronomia Esférica, e nos diz que a hora sideral  $S$  em um determinado instante físico é igual ao ângulo horário de um astro neste mesmo instante acrescido de sua ascensão reta.

## 2.7 - COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Coordenadas geográficas são coordenadas de um ponto sobre a superfície terrestre projetado sobre o Geóide. Elas são a latitude geográfica e a longitude geográfica.

Latitude geográfica  $\phi$  é o ângulo formado pela vertical (tangente à linha de força perpendicular a todas as superfícies equipotenciais do campo gravífico) no ponto em que ela corta o Geóide, e a sua projeção sobre o plano do equador terrestre instantâneo (perpendicular ao eixo de rotação no instante da observação).

Meridiano astronômico de um ponto  $P$  situado sobre a superfície terrestre é o plano determinado pela vertical nesse ponto e a paralela ao eixo de rotação tirada onde esta tangente fura o plano do equador. O ângulo formado pelo meridiano astronômico do observador (ponto  $P$  coincidente com a posição do observador) e o meridiano astronômico de Greenwich, contado sobre o plano do equador instantâneo, é a longitude  $\lambda$ . Não existe uma convenção formada para o sinal da longitude. Concionamos neste trabalho como positiva a contagem a leste de Greenwich.

As coordenadas geográficas portanto não são a rigor coordenadas esféricas. Para que sejam referidas a um sistema de coordenadas esféricas algumas simplificações são introduzidas e as respectivas coordenadas serão chamadas de coordenadas geográficas esféricas.

Neste sistema o plano fundamental coincide com o plano do equador terrestre e o eixo (3) com o eixo de rotação, orientado na direção do polo norte terrestre ( $U_3$ ). O eixo (1) é perpendicular ao eixo ( $U_3$ ) e está contido no plano do meridiano de Greenwich ( $U_1$ ).

Convencionamos neste trabalho o sistema como dextrógiro. (Fig. 2.10).

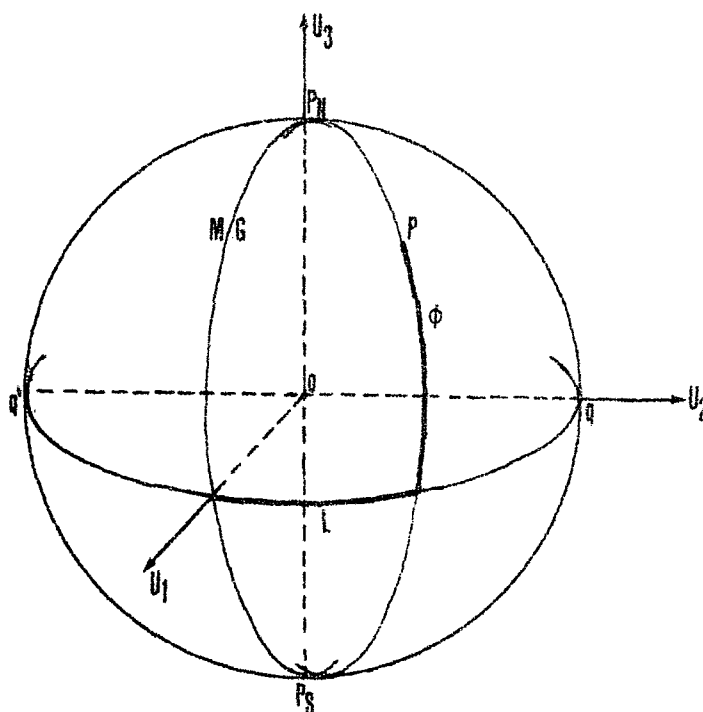


Fig. 2.10

A abscissa esférica de um ponto P situado sobre a superfície terrestre é a longitude esférica  $L$  contada no plano do equador desde o meridiano de Greenwich até o meridiano que contém o ponto P. Varia de  $0^\circ$  a  $\pm 180^\circ$  ou de 0h a  $\pm 12h$ . A fim de evitar confusões quanto ao sinal recomenda-se usar as letras W ou E conforme o ponto P esteja a oeste ou a leste de Greenwich.

A ordenada esférica é a latitude esférica  $\phi$ , contada no plano do meridiano que contém o ponto P desde o plano do equador terrestre até a vertical passante por P. Varia de  $0^\circ$  a  $\pm 90^\circ$ . Portanto, os pontos localizados no hemisfério norte

têm latitude positiva, enquanto que os do hemisfério sul negativa. Costuma-se usar as letras N ou S depois do valor da latitude ao invés de sinal para indicar o hemisfério em que está localizado P. Assim um determinado ponto P em Curitiba tem coordenadas geográficas:

$$\phi = 25^{\circ} 25' 50'' \text{ S}$$

$$L = 3\text{h } 17\text{min } 06\text{s W}$$

Prolonguemos agora a vertical de P até a esfera celeste. Este ponto, já sabemos, é o zênite do observador situado em P (fig. 2.11). Da figura concluimos que o arco qP é igual ao arco QZ. Podemos dizer então que a latitude  $\phi$  é igual a declinação do zênite. Como ZN é perpendicular a  $H_N H_S$  e  $P_N P_S$  é perpendicular a  $Q Q'$  o arco  $H_N P_N$  é igual ao arco ZQ, o que nos conduz a concluir que a latitude  $\phi$  é igual a altura do polo e a declinação do zênite.

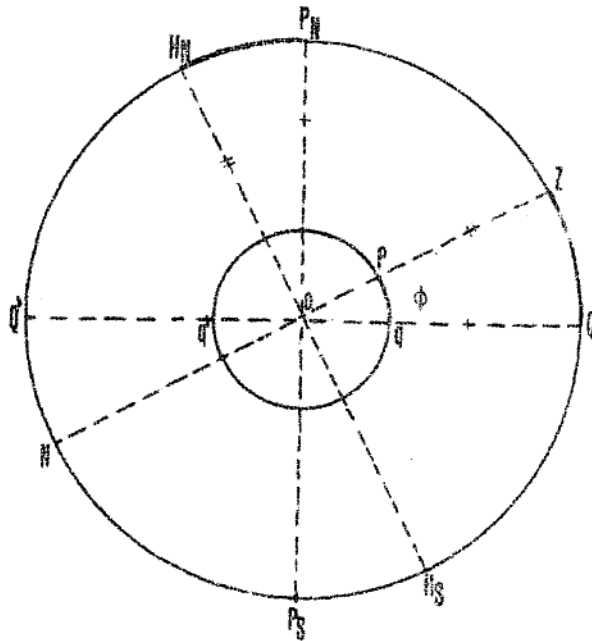


Fig. 2.11



### 3 - TRANSFORMAÇÃO DE COORDENADAS CELESTES

#### 3.1 - TRIGONOMETRIA ESFÉRICA

##### 3.1.1 - Transformação de coordenadas uranográficas em horárias e vice-versa.

Vimos em 2.4 que as coordenadas uranográficas têm caráter geral, isto é, podemos dizer que não variam com o tempo e com a posição do observador num curto intervalo de tempo. Vimos também em 2.3 que as coordenadas horárias têm caráter misto, isto é, que a declinação é invariável com o tempo e com a posição do observador (também num pequeno intervalo de tempo), porém o ângulo horário depende desta posição e do tempo. Então só terá sentido falar-se em transformação de coordenadas uranográficas em coordenadas horárias num determinado instante  $S$  (hora sideral).

Da expressão (2.4) podemos obter o valor do ângulo horário em função da ascensão reta  $\alpha$  e da hora sideral  $S$ .

$$H = S - \alpha \quad (3.1)$$

A abcissa esférica, a declinação, é a mesma nos dois sistemas.

A transformação do ângulo horário de um astro, num instante  $S$ , em ascensão reta será consequentemente também feita com o uso da (2.4).

$$\alpha = S - H \quad (3.2)$$

3.1.2 - Transformação de coordenadas horárias em horizontais e vice-versa.

Representemos um astro nestes dois sistemas simultaneamente (fig. 3.1).

Os pontos  $P_N$  (polo norte), Z (zênite do observador) e E (astro) ligados por arcos de circunferência máxima menores do que  $180^\circ$  nos conduzem a um triângulo esférico  $P_NZE$  conhecido como triângulo de posição, cujos lados valem:

$$P_NZ = 90^\circ - \phi$$

$$ZE = 90^\circ - h = Z$$

$$P_NE = 90^\circ - \delta$$

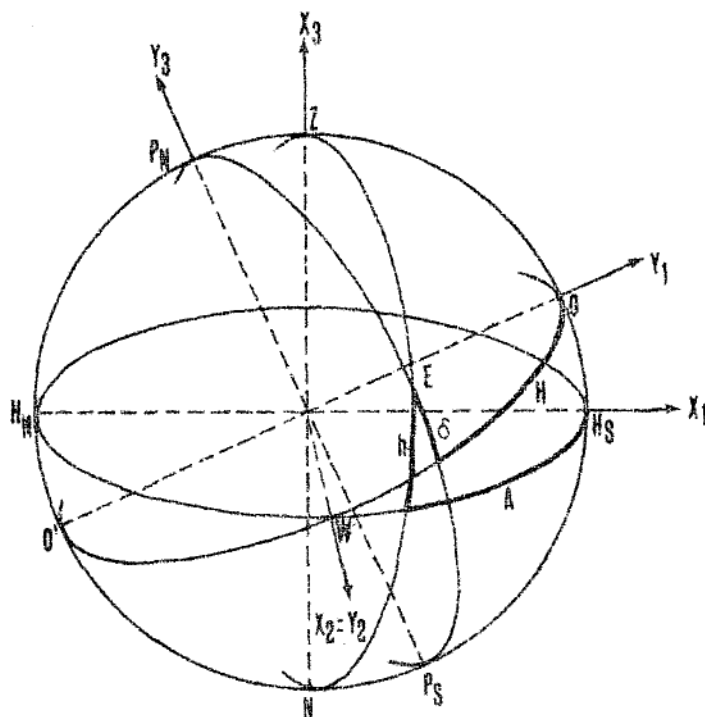


Fig. 3.1

Seus ângulos valem em  $P_N$  o ângulo horário  $H$ , em  $Z$   $180^\circ - A$  onde  $A$  é o azimute, valores facilmente reconhecíveis na fig. 3.2. O ângulo em  $E$  é conhecido como ângulo paralático e representa-se por  $Q$  cujo valor no momento não nos interessa.

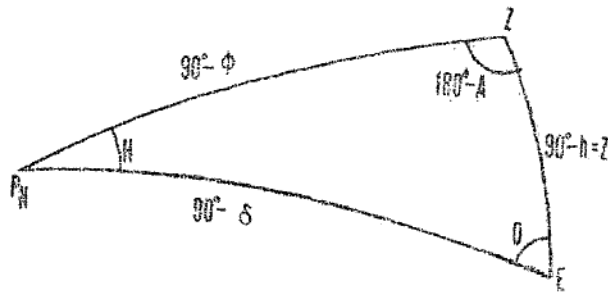


Fig. 3.2

Aplicando a fórmula da trigonometria esférica conhecida como fórmula dos 4 elementos relativa a lados ao triângulo de posição vem:

$$\cos Z = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos H \quad (3.3)$$

A expressão (3.3) nos permite transformar as coordenadas  $H$  e  $\delta$ , para um observador de latitude  $\phi$ , em distância zenital  $Z$  (ou altura  $h$ ), no mesmo instante.

Aplicando a fórmula das cotangentes vem:

$$\cos \phi \operatorname{tg} \delta = - \sin H \operatorname{cotg} A + \sin \phi \cos H$$

$$\operatorname{cotg} A = \sin \phi \operatorname{cotg} H - \cos \phi \frac{\operatorname{tg} \delta}{\sin H} \quad (3.4)$$

Pela expressão (3.4) podemos converter  $H$  e  $\delta$  de um astro, visto por um observador de latitude  $\phi$ , em azimute  $A$ .

As expressões (3.3) e (3.4) transformam coordenadas horárias em horizontais.

Para transformar as coordenadas horizontais em horárias aplicamos ao triângulo de posição novamente a fórmula dos 4 elementos relativa a lados e a fórmula das cotangentes:

$$\text{sen } \delta = \text{sen } \phi \cos Z - \cos \phi \text{ sen } Z \cos A \quad (3.5)$$

$$\cos \phi \cotg Z = \text{sen } A \cotg H - \text{sen } \phi \cos A$$

$$\cotg H = \text{sen } \phi \cotg A + \frac{\cos \phi \cotg Z}{\text{sen } A} \quad (3.6)$$

As expressões (3.5) e (3.6) nos fornecem os valores da declinação e do ângulo horário em função do azimute e da distância zenital para um observador de latitude  $\phi$ .

As fórmulas (3.3), (3.4), (3.5) e (3.6) não são logarítmicas. Seu uso se restringe a cálculos com máquina ou por logarítmos, mas por partes.

Se aplicarmos ao triângulo de posição sucessivamente a fórmula dos 4 elementos, dos 5 elementos e analogia dos senos obteremos as fórmulas logarítmicas seguintes [11]:

$$\text{tg } M = \text{tg } Z \cos A \quad (3.7)$$

$$\text{tg } H = \text{tg } A \text{ sen } M \sec(\phi - M) \quad (3.8)$$

$$\text{tg } \delta = \cos H \text{ tg}(\phi - M)$$

(3.9)

$$\text{tg } N = \frac{\text{tg } \delta}{\cos H}$$

(3.10)

$$\text{tg } A = \frac{\cos N \text{ tg } H}{\cos(\phi - N)}$$

(3.11)

$$\text{cotg } Z = \text{cotg}(\phi - N) \cos A$$

(3.12)

3.1.3 - Transformação de coordenadas eclípticas em uranográficas e vice-versa.

Representemos o astro no sistema de coordenadas uranográficas e eclípticas simultaneamente (fig. 3.3):

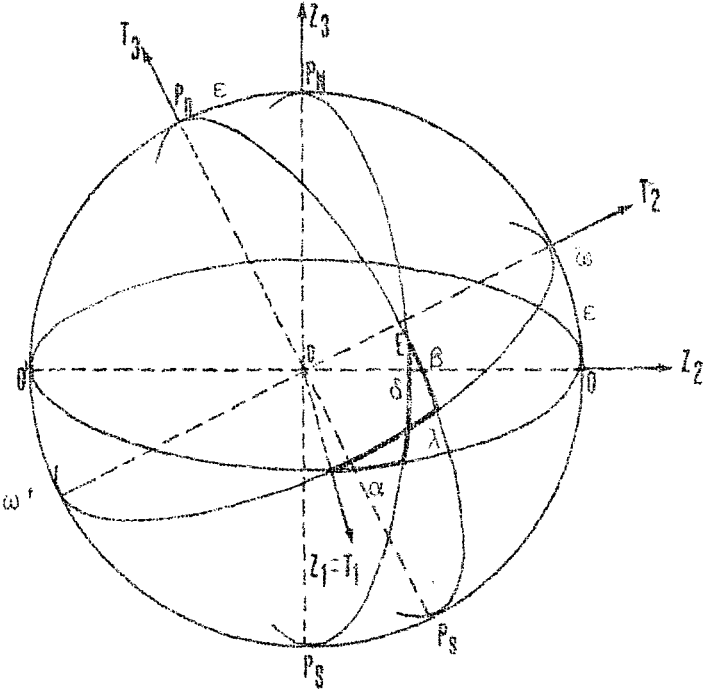


Fig. 3.3

Os pontos  $P_N$ ,  $p_n$ , E ligados por arcos de circunferência máxima formam um triângulo esférico cujos lados valem:

$$P_n P_N = \varepsilon;$$

$$P_N E = 90^\circ - \delta;$$

$$P_n E = 90^\circ - \beta;$$

e os ângulos (fig. 3.4):

$$P_N = 90^\circ + \alpha$$

$$P_n = 90^\circ + \lambda$$

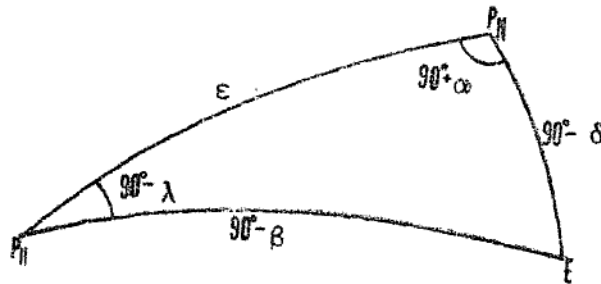


Fig. 3.4

Aplicando ao triângulo esférico a fórmula dos 4 elementos vem:

$$\boxed{\text{sen } \delta = \cos \varepsilon \text{ sen } \beta + \text{sen } \varepsilon \cos \beta \text{ sen } \lambda} \quad (3.13)$$

Aplicando a fórmula das cotangentes obtemos:

$$\text{sen } \varepsilon \text{ tg } \beta = - \cos \lambda \text{ tg } \alpha + \cos \varepsilon \text{ sen } \lambda$$

$$\boxed{\text{tg } \alpha = \cos \varepsilon \text{ tg } \lambda - \frac{\text{sen } \varepsilon \text{ tg } \beta}{\cos \lambda}} \quad (3.14)$$

As expressões (3.13) e (3.14) nos permitem obter a ascensão reta e a declinação em função da latitude celeste, da longitude celeste e da obliquidade da eclíptica.

Aplicando novamente a fórmula dos 4 elementos ao triângulo esférico vem:

$$\boxed{\text{sen } \beta = \cos \epsilon \text{ sen } \delta - \text{sen } \epsilon \cos \delta \text{ sen } \alpha} \quad (3.15)$$

Com a fórmula das cotangentes obtemos:

$$\text{sen } \epsilon \text{ tg } \delta = \cos \alpha \text{ tg } \lambda - \cos \epsilon \text{ sen } \alpha$$

$$\boxed{\text{tg } \lambda = \frac{\text{sen } \epsilon \text{ tg } \delta}{\cos \alpha} + \cos \epsilon \text{ tg } \alpha} \quad (3.16)$$

As expressões (3.13), (3.14), (3.15) e (3.16) não são logarítmicas. Permitem que os cálculos sejam feitos com máquinas eletrônicas de calcular ou por logarítmos, mas por partes. Se quisermos obter estas mesmas expressões, porém logarítmicas aplicamos ao triângulo esférico  $P_N P_n E$  sucessivamente a fórmula dos 4 elementos, 5 elementos e analogia dos senos e obtemos [11]:

$$\boxed{\text{tg } K = \frac{\text{tg } \delta}{\text{sen } \alpha}} \quad (3.17)$$

$$\boxed{\text{tg } \lambda = \frac{\text{tg } \alpha \cos(K - \epsilon)}{\cos K}} \quad (3.18)$$

$$\boxed{\text{tg } \beta = \text{tg}(K - \epsilon) \text{ sen } \lambda} \quad (3.19)$$

$$\text{tg } L = \text{tg } \beta \text{ sen } \lambda$$

(3.20)

$$\text{tg } \alpha = \frac{\text{tg } \lambda \cos(L + \epsilon)}{\cos L}$$

(3.21)

$$\text{tg } \delta = \text{tg}(L + \epsilon) \text{ sen } \alpha$$

(3.22)

### 3.2 - CÁLCULO MATRICIAL

#### 3.2.1 - Matrizes de rotação e reflexão

Consideremos dois ternos cartesianos ortogonais  $X_i(X_1, X_2, X_3)$  e  $Y_j(Y_1, Y_2, Y_3)$  de mesma origem  $O$  porém não coincidentes. (Fig. 3.5).

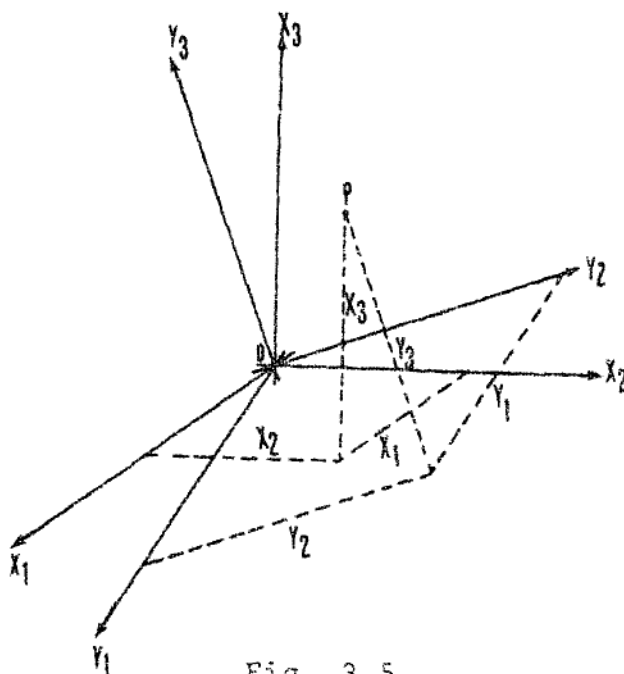


Fig. 3.5



Sejam  $X_1, X_2$  e  $X_3$  as coordenadas cartesianas do ponto P no sistema  $X_i$  e  $Y_1, Y_2$  e  $Y_3$  as coordenadas cartesianas do ponto P no sistema  $Y_j$ . Se tivermos estas coordenadas no sistema  $X_i$  e quisermos obtê-las no sistema  $Y_j$  sabemos da Geometria Analítica que:

$$\begin{aligned} Y_1 &= X_1 l_{11} + X_2 l_{12} + X_3 l_{13} \\ Y_2 &= X_1 l_{21} + X_2 l_{22} + X_3 l_{23} \\ Y_3 &= X_1 l_{31} + X_2 l_{32} + X_3 l_{33} \end{aligned} \tag{3.23}$$

onde,  $l_{ji}$  é o co-seno diretor do ângulo que o eixo  $Y_j$  forma com o eixo  $X_i$ .

Se colocarmos a (3.23) sob forma matricial teremos:

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} \\ l_{21} & l_{22} & l_{23} \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix} \tag{3.24}$$

ou

$$\boxed{Y = L X} \tag{3.25}$$

Consideremos agora os dois ternos  $X_i, Y_j$  coincidentes na origem O e seus eixos  $X_1$  e  $Y_1$  também coincidentes, porém os eixos  $X_2$  e  $Y_2, X_3$  e  $Y_3$  formando um ângulo  $\theta$  entre si (fig. 3.6):

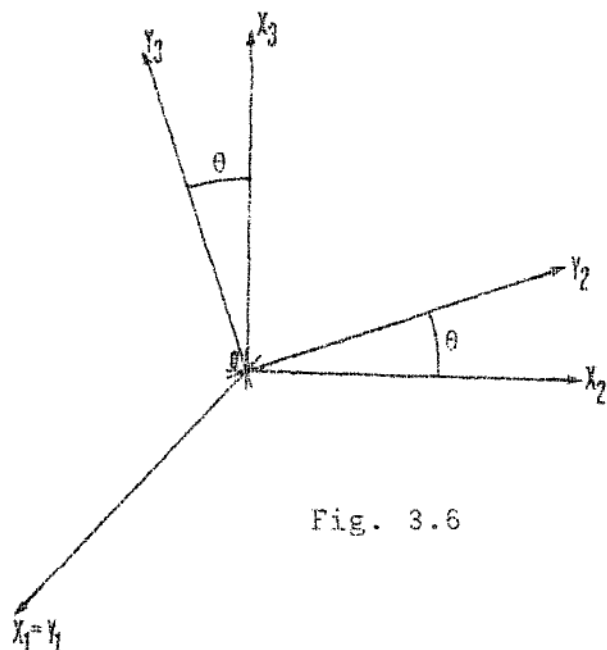


Fig. 3.6

Poderíamos raciocinar como se o terno  $Y_j$  primitivamente coincidente com o terno  $X_i$ , tivesse sofrido uma rotação em torno do eixo (1) de um valor  $\theta$ .

Neste caso a matriz  $L$  da (3.25) fica:

$$L = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & \text{sen } \theta \\ 0 & -\text{sen } \theta & \cos \theta \end{bmatrix} = R_1(\theta) \quad (3.26)$$

Similarmente, obteríamos a matriz  $L$  para uma rotação em torno do eixo (2):

$$L = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & -\text{sen } \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \text{sen } \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix} = R_2(\theta) \quad (3.27)$$

e em torno do eixo (3):

$$L = \begin{bmatrix} \cos \theta & \text{sen } \theta & 0 \\ -\text{sen } \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = R_3(\theta) \quad (3.28)$$

As matrizes  $R_1(\theta)$ ,  $R_2(\theta)$  e  $R_3(\theta)$ , são conhecidas como matrizes de rotação [13]:

Por convenção a rotação  $\theta$  será positiva se o sistema for de orientação dextrógira e a rotação for efetuada no sentido anti-horário, ou o sistema for de orientação levógira e a rotação no sentido horário. Os outros dois casos nos conduzem a rotação negativa.

Suponhamos agora os dois sistemas  $X_i$  e  $Y_j$  coincidentes na origem  $O$ , o eixo  $X_2$  coincidente com o eixo  $Y_2$ , o eixo  $X_3$  coincidente com o eixo  $Y_3$ , porém o eixo  $Y_1$  com sentido oposto ao eixo  $X_1$  (fig. 3.7). A matriz  $L$  neste caso ficará com o

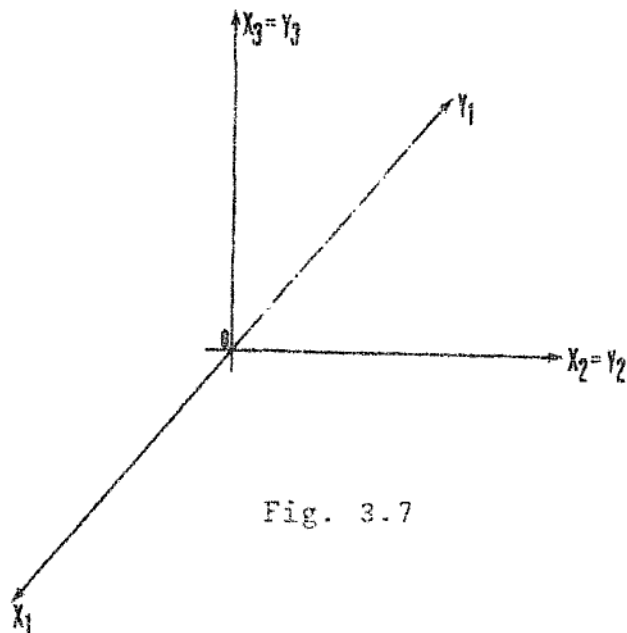


Fig. 3.7

seguinte aspecto:

$$L = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = R1 \quad (3.29)$$

Se aplicarmos o mesmo raciocínio aos eixos (2) e (3) teremos:

$$R2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.30)$$

$$R3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad (3.31)$$

As matrizes R1, R2, R3 são conhecidas como matrizes de reflexão e permitem que se transforme um sistema de orientação dextrógira em outro de orientação levógira e vice-versa.

### 3.2.2 - Transformação de coordenadas horizontais $(X_i, h, A)$ em horárias $(Y_j, \delta, H)$ e vice-versa.

Seja um astro E referido ao sistema de coordenadas horizontais  $X_i$ . Vamos transformar estas coordenadas esféricas, azimute A e altura h em coordenadas retilíneas  $X_1, X_2, X_3$ , (fig. 3.8):

$$X_1 = \cos h \cos A$$

$$X_2 = \cos h \sin A \quad (3.32)$$

$$X_3 = \sin h$$

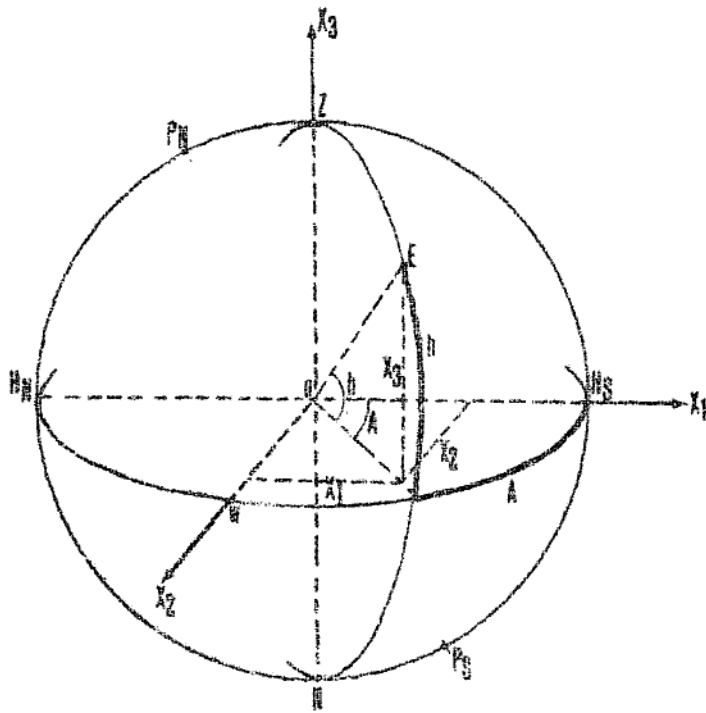


Fig. 3.8

Representemos o astro E no sistema de coordenadas horárias (fig. 3.9):

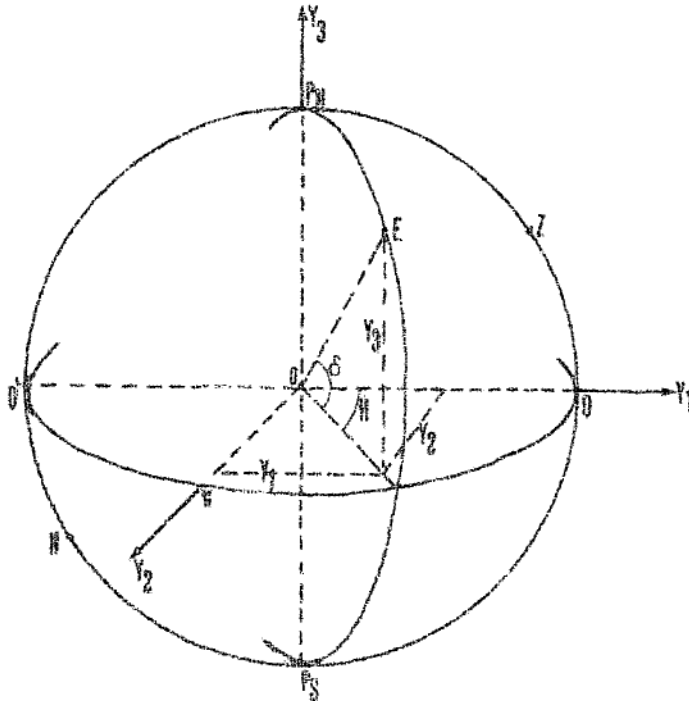


Fig. 3.9

Transformemos estas coordenadas esféricas, ângulo horário  $H$  e declinação  $\delta$ , em coordenadas retilíneas  $Y_1, Y_2, Y_3$ :

$$Y_1 = \cos \delta \cos H$$

$$Y_2 = \cos \delta \sin H \tag{3.33}$$

$$Y_3 = \sin \delta$$

Se colocarmos os dois sistemas numa só figura (fig. 3.10), vamos observar que para chegar ao sistema

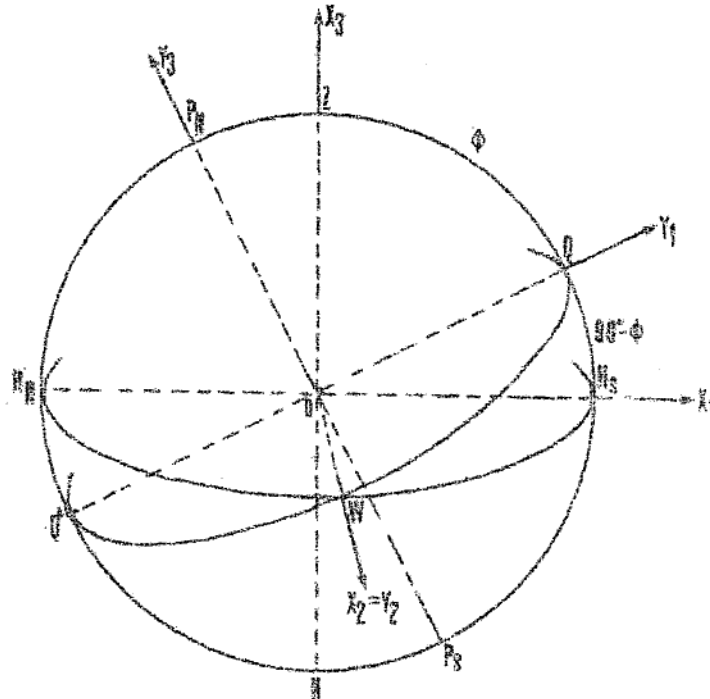


Fig. 3.10

horário  $Y_j$  partindo do sistema horizontal  $X_j$  precisamos dar uma rotação negativa (sistema levôgiro, rotação anti-horária) em torno do eixo (2) de  $90^\circ - \phi$  onde  $\phi$  é a latitude do observador. Portanto:

$$Y = R_2 \left[ -(90^\circ - \phi) \right] X$$

ou

$$Y = R_2 (\phi - 90^\circ) X$$

$$\tag{3.34}$$

Os valores de  $H$  e  $\delta$  serão obtidos pela resolução do sistema (3.33).

Como as matrizes de rotação pertencem à classe das matrizes ortogonais, podemos usar as propriedades desta classe de matrizes. Neste caso, a matriz inversa é igual a transposta. Então teremos:

$$X = \left[ R_2(\phi - 90^\circ) \right]^{-1} Y = \left[ R_2(\phi - 90^\circ) \right]^T Y$$

Donde:

$$X = R_2(90^\circ - \phi) Y \quad (3.35)$$

A e h serão obtidos resolvendo-se o sistema (3.32).

3.2.3 - Transformação de coordenadas horárias  
 $(Y_j, \delta, H)$  em uranográficas  $(Z_i, \delta, \alpha)$   
e vice-versa.

Partindo das coordenadas uranográficas esféricas calculemos as correspondentes coordenadas retilíneas (fig. 3.11):

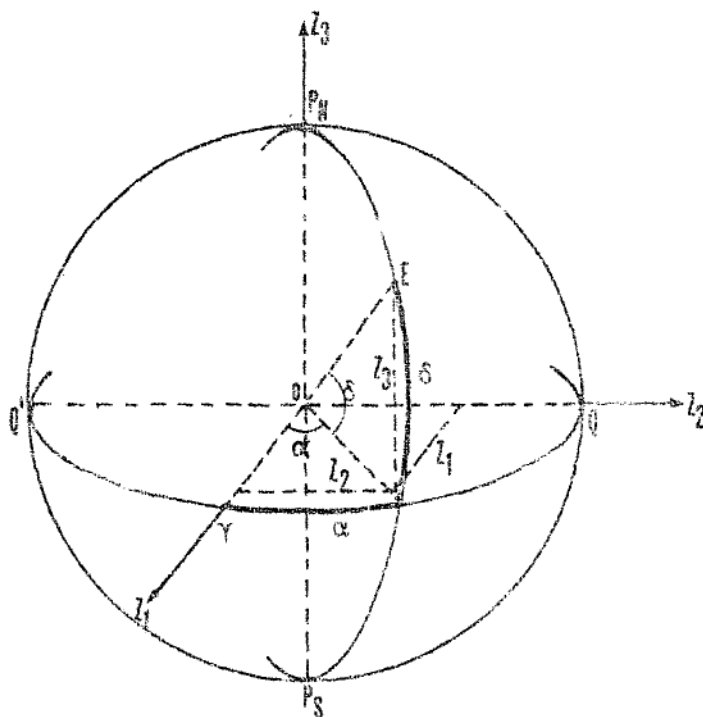


Fig. 3.11

$$Z_1 = \cos \delta \cos \alpha$$

$$Z_2 = \cos \delta \sin \alpha \tag{3.36}$$

$$Z_3 = \sin \delta$$

Representando os dois sistemas numa só figura, (fig. 3.12):

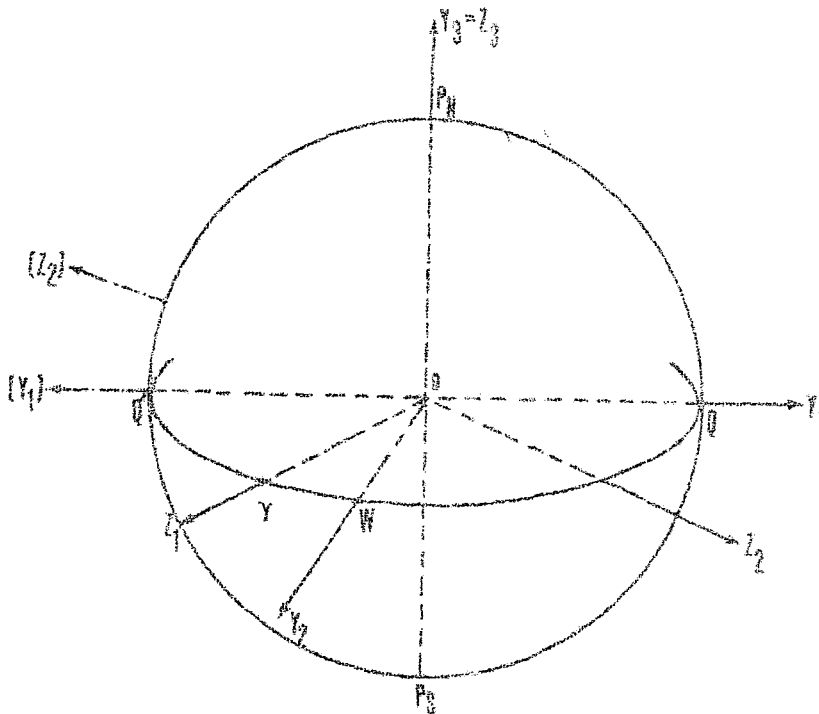


Fig. 3.12

Observamos que o sistema  $Y_j$  é de orientação levógira e que  $Z_i$  é de orientação dextrógira. Aplicando a matriz reflexão  $R_1$  ao sistema  $Y_j$  tornaremos sua orientação dextrógira. Agora, para chegarmos ao sistema  $Z_i$  damos uma rotação positiva em torno do eixo (3) de um valor angular igual ao arco  $Q'Y$ , donde:

$$Z = R_3(Q'Y) R_1 Y \tag{3.37}$$

Mas,  $Q'Y = 180^\circ - QY$ . Vimos em (2.6)

que  $QY = S$  onde  $S$  é a hora sideral, portanto:

$$Z = R_3(180^\circ - S) R_1 Y \tag{3.38}$$



Partindo agora, do sistema  $Z_1$  (coordenadas uranográficas) para chegarmos ao sistema  $Y_j$  (coordenadas horárias) teremos que converter a orientação do primeiro em dextrógiro. Para isso aplicamos a matriz reflexão com respeito ao eixo  $Z_2$  (fig. 3.12). Em seguida damos uma rotação negativa em torno do eixo (3) correspondente ao arco  $Q\gamma = S$ . Portanto:

$$Y = R_3(-S) R_2 Z \quad (3.39)$$

A expressão (3.38) nos permite converter as coordenadas retilíneas do sistema de coordenadas horizontais para o sistema de coordenadas uranográficas. A expressão (3.39) nos permite obter o inverso.

As coordenadas esféricas serão obtidas pela resolução dos sistemas (3.33) e (3.36).

#### 3.2.4 - Transformação de coordenadas uranográficas ( $Z_1, \delta, \alpha$ ) em coordenadas eclípticas ( $T_j, \beta, \lambda$ ) e vice-versa.

Como nos casos anteriores precisamos obter as coordenadas retilíneas no sistema de coordenadas eclípticas (fig. 3.13):

$$\begin{aligned} T_1 &= \cos \beta \cos \lambda \\ T_2 &= \cos \beta \sin \lambda \\ T_3 &= \sin \beta \end{aligned} \quad (3.40)$$

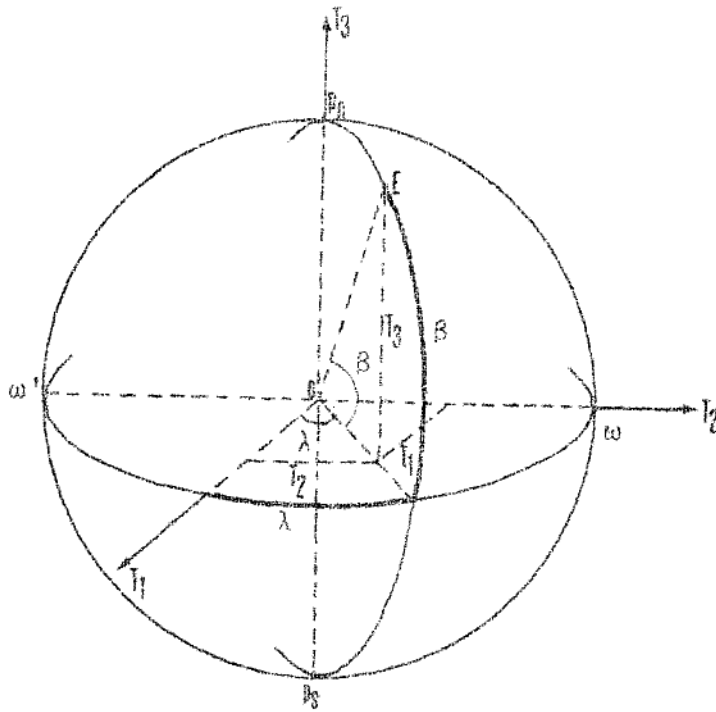


Fig. 3.13

Representemos os dois sistemas numa única figura, (fig. 3.41).  
 Partindo dos mesmos raciocínios anteriores concluimos que:

$$\boxed{T = R_1(\epsilon) Z} \quad (3.41)$$

$$\boxed{Z = R_1(-\epsilon) T} \quad (3.42)$$

Com a expressão (3.41) transformamos coordenadas uranográficas em eclípticas e com a (3.42) fazemos o inverso.

As correspondentes coordenadas esféricas são obtidas pela resolução dos sistemas (3.40) e (3.36) respectivamente.



## 4 - VARIAÇÃO DAS COORDENADAS CELESTES

### 4.1 - HISTÓRICO

Dissemos em 2.4 e 2.5 que as coordenadas uranográficas e eclípticas não variam com o tempo. Porém, vamos ver que estas coordenadas sofrem pequenas variações com o passar do tempo.

Hiparco no século II antes de Cristo medindo a longitude celeste de estrelas, notou que esta coordenada celeste havia aumentado de cerca de  $2^{\circ}$  desde um século e meio atrás, quando Timocaris havia feito esta mesma medida. Foi o primeiro a constatar variações nas coordenadas celestes [30].

### 4.2 - FATORES DETERMINANTES DESTAS VARIAÇÕES

Os fatores determinantes das variações das coordenadas celestes são:

- 1) movimentos do eixo de rotação da Terra que causam a precessão luni-solar e a nutação;
- 2) movimento da eclíptica que ocasiona precessão planetária;
- 3) movimento anual da Terra (translação) que produz a paralaxe anual e aberração anual;
- 4) movimento próprio das estrelas;
- 5) movimento diário da Terra (rotação) que causa a aberração diária e a paralaxe diária;
- 6) refração astronômica dos raios luminosos provenientes dos astros;
- 7) movimento da Terra em relação ao seu eixo originando o movimento do polo, fazendo com que variem as coordenadas geográficas.

Costuma-se dividir as variações das

coordenadas astronômicas em seculares e periódicas [07]:

Variações seculares são variações lentas, que prosseguem através dos tempos, de maneira que para um certo número de anos, ou mesmo séculos, podem ser consideradas proporcionais ao tempo.

Variações periódicas são variações relativamente rápidas, que oscilam entre seus valores extremos num certo período, as quais não podem ser consideradas proporcionais ao tempo, com exceção de intervalos muito pequenos.

A maioria das variações seculares, a rigor são periódicas, porém seu período é muito grande, como é o caso da precessão, cujo período é de 260 séculos.

As variações periódicas podem ser ainda de longo período, quando o período for de meses ou anos e de curto período, quando for de apenas alguns dias ou menos.

Como vemos esta classificação é um tanto relativa.

#### 4.3 - PRECESSÃO GERAL E NUTAÇÃO

##### 4.3.1 - Precessão luni-solar

Sabemos que o eixo de rotação da Terra é inclinado em relação ao eixo da eclíptica de um valor igual à obliquidade  $\epsilon$ . Devido a isto, e ao fato de a Terra não ser esférica, mas achatada nos polos, é que se dá o fenômeno da precessão luni-solar.

Tal fenômeno pode ser visualizado facilmente através da observação do movimento de um pião, familiar brinquedo infantil [30] (fig. 4.1). Imaginemos este pião girando rapidamente em torno de seu eixo BO, o qual está inclinado em relação a vertical OZ de um ângulo  $i$ .

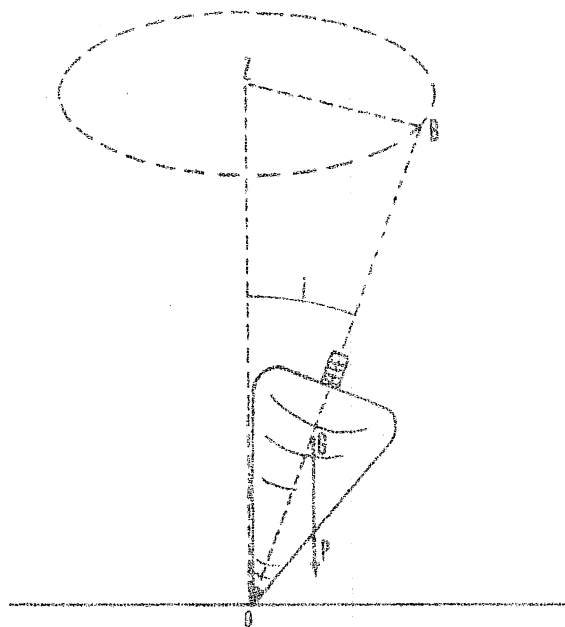


Fig. 4.1

O seu peso  $P$  aplicado no centro de gravidade  $G$  cria um momento em relação a  $O$ , que a primeira vista nos dá a impressão de que o pião irá tombar sobre a superfície horizontal em que ele está girando. Porém, devido à sua velocidade, isto não ocorre. O eixo  $OB$  gira uniformemente em torno de  $OZ$  de maneira que  $B$  descreve uma circunferência de centro  $Z$  e o eixo  $OB$  descreve uma superfície cônica.

Este movimento é conhecido como precessão.

Com a Terra ocorre algo similar (fig. 4.2).

O Sol situado no plano da eclíptica exerce sobre as protuberâncias equatoriais atrações  $F_1$  e  $F_2$ . Como  $F_2$  está mais distante do Sol,  $F_1 > F_2$ , o que ocasiona uma resultante  $F$  que cria um momento em relação ao centro da Terra. Se a Terra estivesse parada este momento tenderia tombar o plano do equador sobre o plano da eclíptica. Como a Terra está girando, os polos  $P_N$  e  $P_S$  descrevem circunferências cujos centros se acham sobre o eixo da eclíptica, isto é, a Terra está animada de um movimento giroscópico. O eixo de rotação da Terra descreve

uma

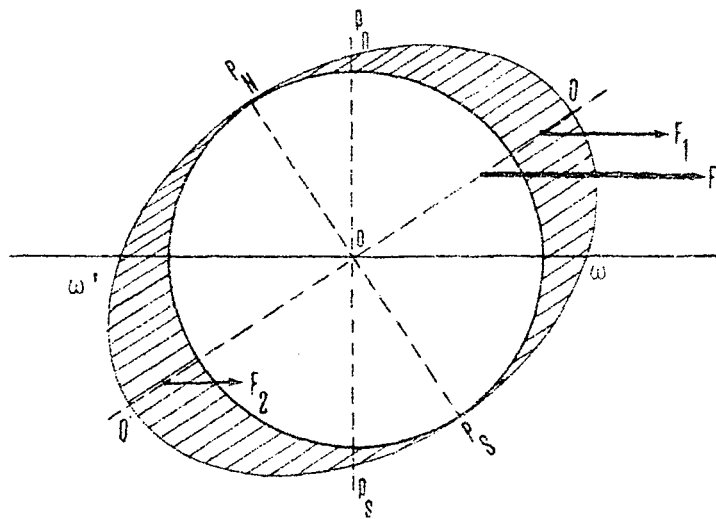


Fig. 4.2

superfície cônica de duas folhas de centro em  $O$ . O efeito da atração da Lua se superpõe ao efeito da atração do Sol, dando origem a chamada PRECESSÃO LUNI-SOLAR. Os polos celestes giram em torno do eixo da eclíptica com um período de cerca de 25.800 anos (fig.4.3).

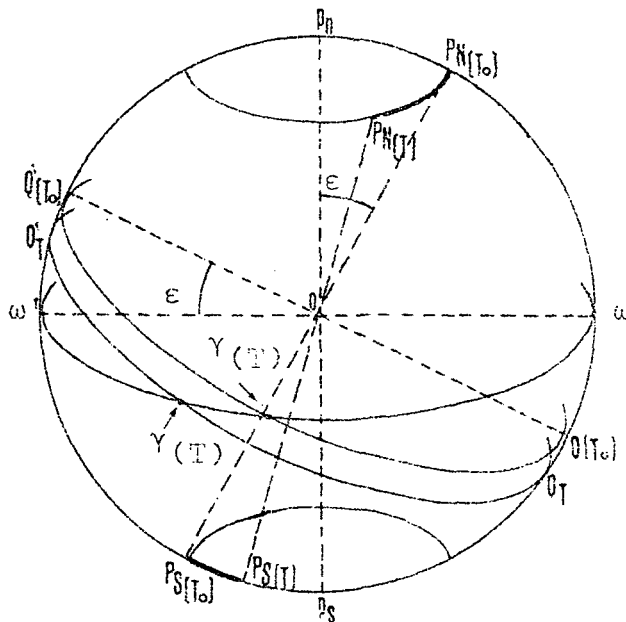


Fig. 4.3

Como o equador é perpendicular ao eixo de rotação da Terra o ponto vernal sofre um deslocamento no sentido retrógrado de cerca de  $0,2''$  por ano.

#### 4.3.2 - Nutação

Como a órbita da Terra não é circular, a distância Terra-Sol sofre variações periódicas. O mesmo ocorre com a Lua. A consequência deste fato é que a intensidade das forças de atração terá também variações periódicas. Além disso, a órbita da Lua não coincide com a eclíptica o que provoca alterações também periódicas na direção das forças atrativas. O fenômeno resultante destas causas é conhecido como NUTAÇÃO ASTRONÔMICA ou simplesmente NUTAÇÃO, que é o movimento periódico dos polos celestes com amplitude de cerca de  $18''$  e período principal de aproximadamente 18,6 anos (figs. 4.4 e 4.5).

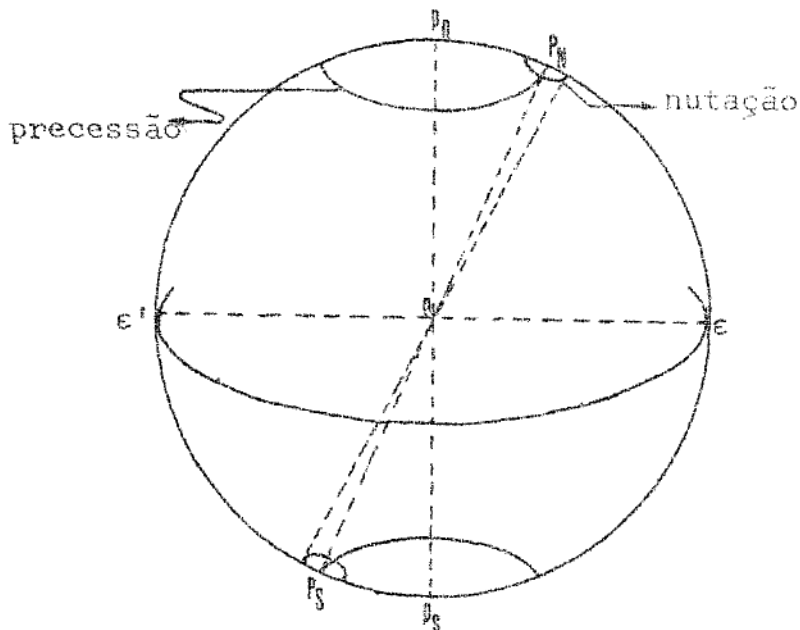


Fig. 4.4

A nutação superposta à precessão lunar ocasiona um movimento ondulatório aos polos celestes (fig. 4.5).



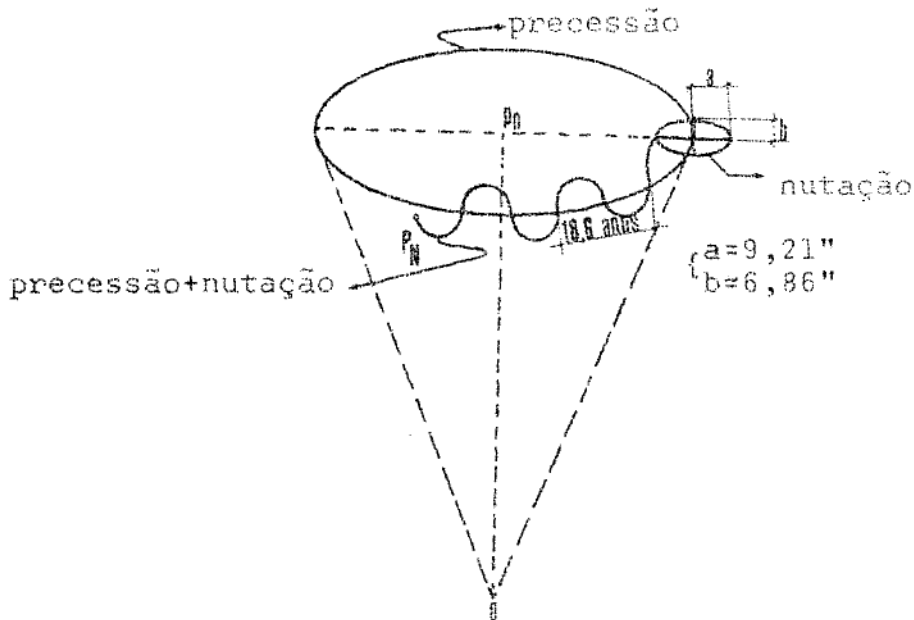


Fig. 4.5

A nutação pode ser decomposta em uma série de movimentos ondulatórios, de longo período (18,6 anos até 35 dias) e de curto período (menos que 35 dias) (fig. 4.6).

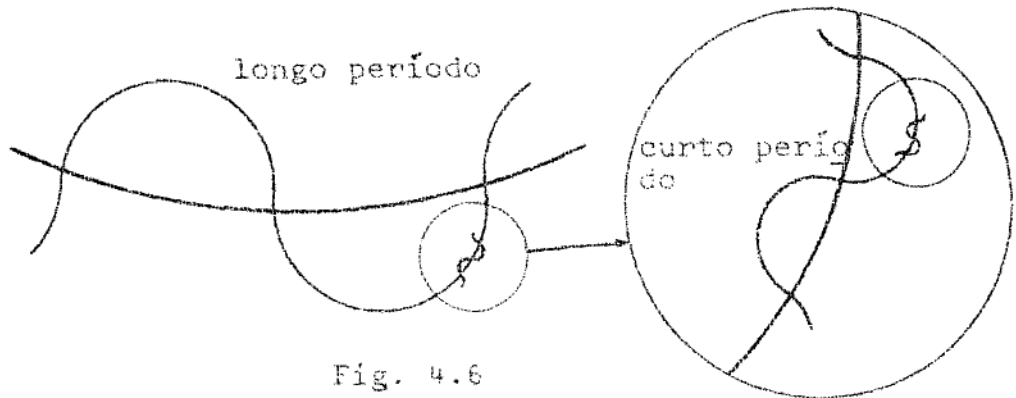


Fig. 4.6

A nutação pode ser decomposta em duas componentes. A primeira chamada "nutação em longitude" e que é causada pelas variações de intensidade da força atrativa  $F$  e designada por  $\Delta\psi$ . A segunda que é o efeito da variação periódica da direção da força  $F$  é chamada "nutação em obliquidade". É representada por  $\Delta\epsilon$  e provoca alterações periódicas na obliquidade da

eclíptica. Tais componentes serão vistas em 4.3.7.

#### 4.3.3 - Precessão planetária

No estudo da precessão luni-solar e da nutação consideramos variações no eixo de rotação da Terra e conseqüentemente variação no equador celeste, sem levarmos em consideração alterações na eclíptica. Porém a eclíptica nada mais é do que o plano da órbita da Terra projetada na esfera celeste. Sabemos que a órbita da Terra está sujeita a perturbações devidas a atrações dos planetas. Portanto a posição da eclíptica varia com

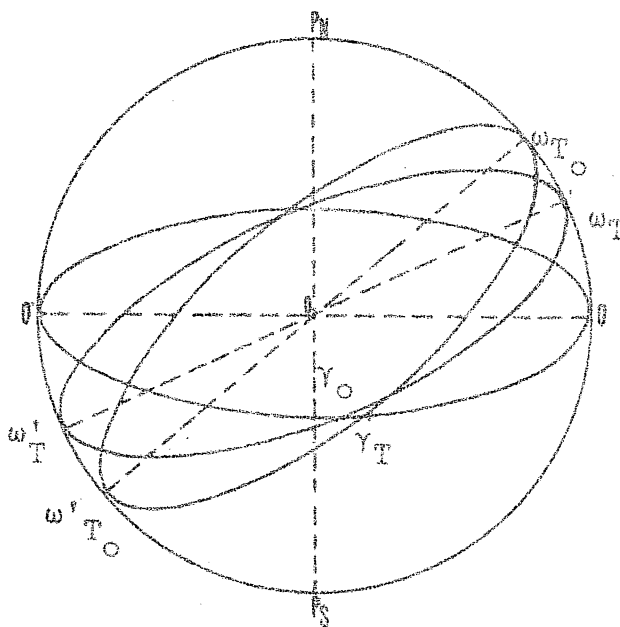


Fig. 4.7

o tempo. A esta variação chamamos PRECESSÃO PLANETÁRIA. O efeito produzido pela precessão planetária é um deslocamento no sentido direto do ponto vernal de cerca de 12,5" por século e uma diminuição na obliquidade da eclíptica de cerca de 47" por século [25]. (Fig. 4.7).

#### 4.3.4 - Precessão geral

Em geral, a precessão luni-solar e a precessão planetária são consideradas simultaneamente. A combinação das duas é conhecida como PRECESSÃO GERAL. Na fig. 4.8  $\gamma_0$   $\gamma'$  é a precessão luni-solar;  $\gamma' \gamma_T$  precessão planetária e  $\gamma_0 B \gamma_T$  a precessão geral.

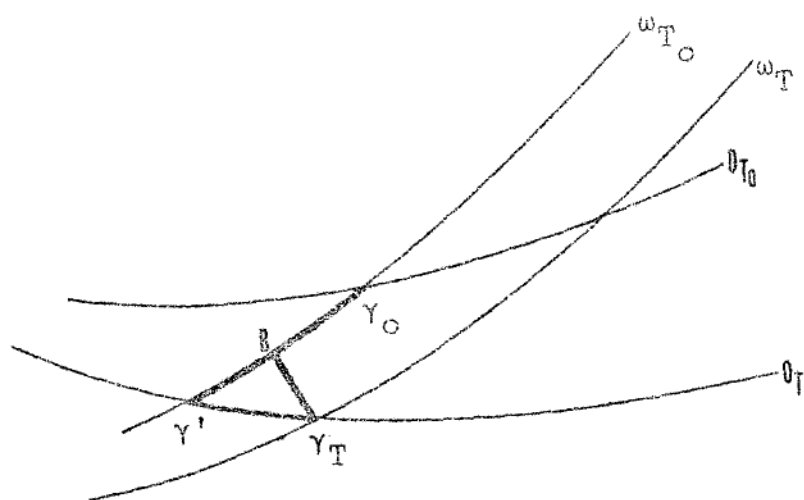


Fig. 4.8

#### 4.3.5 - Efeito da precessão geral e da nutação nas coordenadas uranográficas de um ponto fixo na esfera celeste\*

Pelo que acabamos de ver em 4.3.1., 4.3.2, 4.3.3 e 4.3.4 concluimos que devido à precessão geral o ponto vernal sofre um movimento secular e, devido a nutação, um movimento periódico. Como este ponto é a origem de contagem da abscissa esférica no sistema de coordenadas uranográficas (2.4), con

---

\* Dizemos um ponto fixo porque uma estrela ou um planeta estão sujeitos a outros fatores que irão também alterar suas coordenadas uranográficas.

cluímos que a ascensão reta sofre variações com o tempo.

A precessão luni-solar provoca um movimento secular e a nutação um movimento periódico no equador. Como os polos (eixo de rotação) também estão afetados destes movimentos, os meridianos, cujos planos contém o eixo de rotação, também estão em constante movimento. Lembrando que a declinação é contada sobre o meridiano que passa pelo ponto a partir do equador (2.3) e (2.4), concluímos que esta ordenada esférica também varia com o tempo. Como a precessão geral tem caráter secular e uniforme corrigem-se as coordenadas uranográficas de seu efeito para o intervalo de tempo decorrido entre duas épocas. Por exemplo, corrigem-se as coordenadas de 1950,0 para 1974,0. Tais coordenadas são chamadas coordenadas médias para a época considerada. Assim, as coordenadas médias de 1950,0 corrigidas da precessão geral no intervalo de tempo 1950,0-1974,0 nos darão as coordenadas médias de 1974,0.

A nutação tem caráter periódico. As coordenadas em uma determinada época devem ser corrigidas da nutação nesta mesma época. As coordenadas médias nesta época, corrigidas da nutação são chamadas de coordenadas verdadeiras.

#### 4.3.6 - Cálculo da precessão geral

Representemos na esfera celeste (fig. 4.9) os polos na época  $T_0$  e  $T$  chamando-os de  $P_0$  e  $P_T$ , e seus correspondentes equadores  $Q_0 - Q'_0$  e  $Q_T - Q'_T$ . Representemos também trechos da eclíptica na época  $T_0$  e na época  $T$  respectivamente  $\omega_0$  e  $\omega_T$  e o astro  $E$  (suposto fixo na esfera).

Ligamos  $P_0$ ,  $P_T$  e  $E$  por arcos de circunferência máxima, resultando o triângulo esférico  $P_0 P_T E$ . O lado do triângulo  $P_T P_0$  é chamado de  $\theta$ . O ângulo formado pelo prolonga

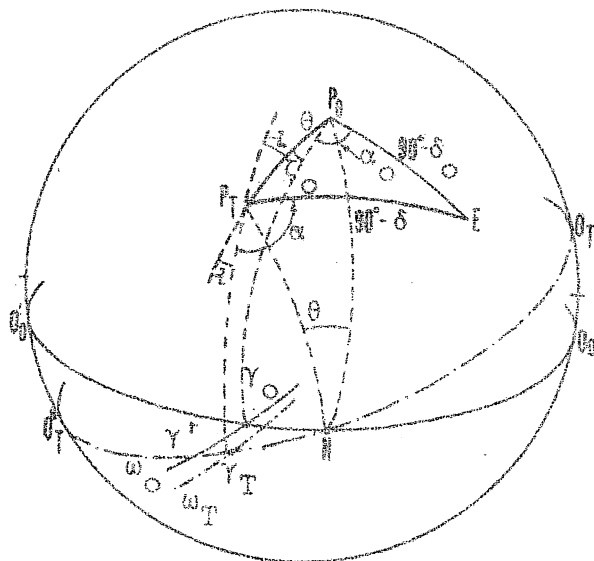


Fig. 4.9

mento deste lado e o meridiano que contém  $P_T$  e  $\gamma_T$  é chamado de  $-z$  e, o ângulo formado por este lado e o meridiano que contém  $P_O$  e  $\gamma_O$  é chamado de  $\zeta_O$ .

Estes elementos são chamados de CONSTANTES PRECESSIONAIS. As expressões que fornecem estas constantes foram derivadas por SIMON NEWCOMB [26]:

$$\begin{cases} \zeta_O = (2304,250'' + 1,396'' t_O)t + 0,302'' t^2 + 0,018'' t^3 \\ z = \zeta_O + 0,791'' t^2 + 0,001'' t^3 \\ \theta = (2004,682'' - 0,853'' t_O)t - 0,426'' t^2 - 0,042'' t^3 \end{cases} \quad (4.1)$$

onde  $t_O$  e  $t$  (em séculos trópicos) são obtidos por:

$$T_O = 1900,0 + t_O$$

$$T = 1900,0 + t_O + t$$

sendo  $T_O$  e  $T$  as épocas entre as quais se deseja calcular o efeito da precessão.

Os elementos precessionais encontram-se tabelados na tabela 2.1 do Suplemento do American Ephemeris and Nautical Almanac [26] para reduções a 1950,0 desde 1900,0

até 1980,0 ou outras épocas, de acordo com as instruções para o uso da tabela.

O American Ephemeris and Nautical Almanac (A.E.N.A.) [33] de cada ano fornece para o início do ano fluente e para o início do ano seguinte os valores de  $\zeta_0$ ,  $z$  e  $\theta$ .

4.3.6.1 - Reduções das coordenadas equatoriais  $\alpha$  e  $\delta$  de uma época  $T_0$  para uma época  $T$  pelo efeito da precessão geral.

a) Por trigonometria esférica

Representemos isoladamente o triângulo esférico  $P_0 P_T E$  da fig. 4.9 (fig. 4.10):

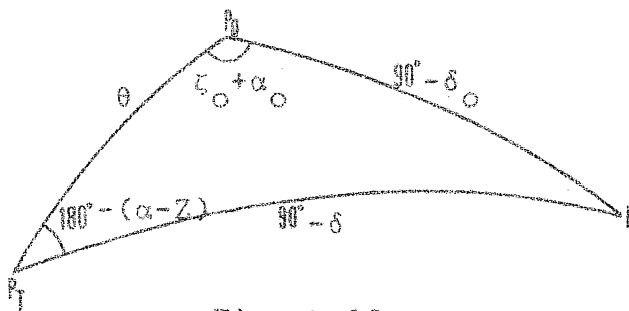


Fig. 4.10

Aplicando sucessivamente a analogia dos senos, a fórmula dos quatro elementos e dos cinco elementos a este triângulo obteremos:

$$\text{sen}(\alpha - z)\text{cos } \delta = \text{cos } \delta_0 \text{sen}(\zeta_0 + \alpha_0) \quad (4.2)$$

$$\text{sen } \delta = \text{cos } \theta \text{sen } \delta_0 + \text{sen } \theta \text{cos } \delta_0 \text{cos}(\zeta_0 + \alpha_0)$$

(4.3)

$$\text{cos } \delta \text{cos}(\alpha - z) = \text{cos } \theta \text{cos } \delta_0 \text{cos}(\zeta_0 + \alpha_0) - \text{sen } \theta \text{sen } \delta_0 \quad (4.4)$$

Dividindo a (4.2) pela (4.4) vem:

$$\operatorname{tg}(\alpha - z) = \frac{\cos \delta_0 \operatorname{sen}(\zeta_0 + \alpha_0)}{\cos \theta \cos \delta_0 \cos(\zeta_0 + \alpha_0) - \operatorname{sen} \theta \operatorname{sen} \delta_0} \quad (4.5)$$

As expressões (4.3) e (4.5) nos permitem calcular  $\alpha$  e  $\delta$  para uma época  $T$ , conhecendo-se  $\alpha_0$  e  $\delta_0$  em uma época  $T_0$  em função dos elementos precessionais  $\zeta_0$ ,  $z$  e  $\theta$  no intervalo  $T - T_0$ .

b) Por matrizes de rotação

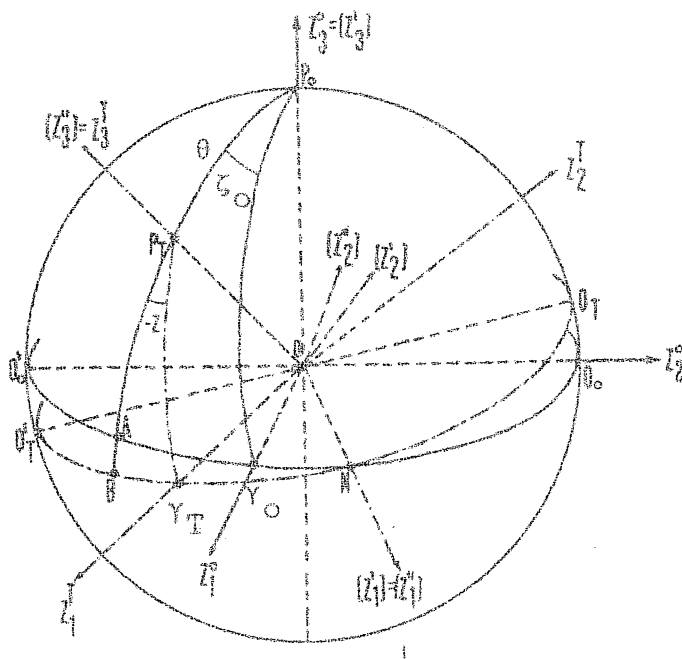


Fig. 4.11

Representemos (fig. 4.11) a esfera celeste, os pólos  $P_0$  na época  $T_0$  e  $P_T$  na época  $T$  e seus respectivos equadores  $Q'_0Q_0$  e  $Q'_TQ_T$ . Representemos também os sistemas de coordenadas uranográficas  $Z$  para as duas épocas chamando  $Z^0$  o sistema para a época  $T_0$  e de  $Z^T$  para a época  $T$ .

Como  $N$  é comum aos dois equadores, o círculo máximo que contém  $P_0, P_T$  e  $A$  é polar do ponto  $N$ . Portanto o arco de equador  $AN = 90^\circ$ . Analogamente  $BN = 90^\circ$ . Concluimos então

que  $\gamma_0 N = 90^\circ - \zeta_0$  e  $\gamma_T N = 90^\circ - (-z)$  ou  $\gamma_T N = 90^\circ + z$ .

Para, partindo do sistema  $Z^0$  chegarmos ao sistema  $Z^T$  por cálculo matricial, teremos que dar uma rotação positiva em torno do eixo  $Z_3$  de  $(90^\circ - \zeta_0)$ , portanto  $R_3(90^\circ - \zeta_0)$  para que  $Z_1$  passe pelo ponto  $N(Z_1')$ . Em seguida em torno deste eixo ( $Z_1'$ ) damos uma rotação positiva do valor  $\theta$  isto é  $R_1(\theta)$  a fim de que o eixo  $Z_3$  coincida com  $P_T (Z_3'')$ . Finalmente para que o eixo  $Z_1$  passe por  $\gamma_T$  damos uma rotação negativa em torno de  $Z_3''$  de  $(90^\circ + z)$  isto é  $R_3[-(90^\circ + z)]$ .

Então as coordenadas retilíneas para uma época  $T$  serão obtidas a partir das mesmas coordenadas para a época  $T_0$  através da expressão:

$$\begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}^T = R_3[-(90^\circ + z)] R_1(\theta) R_3(90^\circ - \zeta_0) \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}^0 \quad (4.6)$$

ou

$$\boxed{Z_T = P Z_0} \quad (4.7)$$

onde

$$P = R_3[-(90^\circ + z)] R_1(\theta) R_3(90^\circ - \zeta_0) \quad (4.8)$$

A matriz  $P$  também pode ser escrita

[25]:

$$P = R_3(-z) R_2(\theta) R_3(\zeta_0) \quad (4.9)$$



c) Precessão geral em séries de Taylor

Sabemos do cálculo infinitesimal que aplicando a série de Taylor à função  $f(x)$  teremos:

$$f(x) = f(x_0) + f'(x_0) \frac{x - x_0}{1!} + f''(x_0) \frac{(x - x_0)^2}{2!} + \\ + f'''(x_0) \frac{(x - x_0)^3}{3!} + \dots$$

Se fizermos:

$$f(x) = f(T) = \alpha$$

$$f(x_0) = f(T_0) = \alpha_0$$

teremos:

$$\alpha = \alpha_0 + \frac{d\alpha_0}{dT} (T - T_0) + \frac{d^2\alpha_0}{dT^2} \frac{(T - T_0)^2}{2} + \\ + \frac{d^3\alpha_0}{dT^3} \frac{(T - T_0)^3}{6} + \dots$$

e analogamente

$$\delta = \delta_0 + \frac{d\delta_0}{dT} (T - T_0) + \frac{d^2\delta_0}{dT^2} \frac{(T - T_0)^2}{2} + \\ + \frac{d^3\delta_0}{dT^3} \frac{(T - T_0)^3}{6} + \dots$$

Chamando de:

$$\frac{d\alpha_0}{dT} = VA_\alpha \quad \text{variação anual em ascensão reta;}$$

$$100 \frac{d^2\alpha_0}{dT^2} = VS_\alpha \quad \text{variação secular em ascensão reta;}$$

$$\frac{10^6}{6} \frac{d^3\alpha_0}{dT^3} = 3\varrho t_\alpha \quad \text{terceiro termo em ascensão reta;}$$

$$\frac{d\delta}{dT} = VA_\delta \quad \text{variação anual em declinação;}$$

$$100 \frac{d^2 \delta_o}{dT^2} = VS_\delta \quad \text{variação secular em declinação;}$$

$$\frac{10^6}{6} \frac{d^3 \delta_o}{dT^3} = 3\Omega t_\delta \quad \text{terceiro termo em declinação.}$$

Teremos:

$$\begin{aligned} \alpha &= \alpha_o + VA_\alpha (T - T_o) + \frac{VS_\alpha}{200} (T - T_o)^2 + \\ &+ \frac{3\Omega t_\alpha}{10^6} (T - T_o)^3 \\ \delta &= \delta_o + VA_\delta (T - T_o) + \frac{VS_\delta}{200} (T - T_o)^2 + \\ &+ \frac{3\Omega t_\delta}{10^6} (T - T_o)^3 \end{aligned} \quad (4.10)$$

Vários catálogos estelares fornecem os valores de  $VA_\alpha$ ,  $VS_\alpha$ ,  $3\Omega t_\alpha$ ,  $VA_\delta$ ,  $VS_\delta$  e  $3\Omega t_\delta$ .

d) Precessão geral para intervalos de tempo não superiores a um ano.

Para curtos períodos (menos que um ano) podemos representar pequenos arcos de equador em duas épocas diferentes como retas paralelas, assim como os arcos da eclíptica (fig. 4.12):

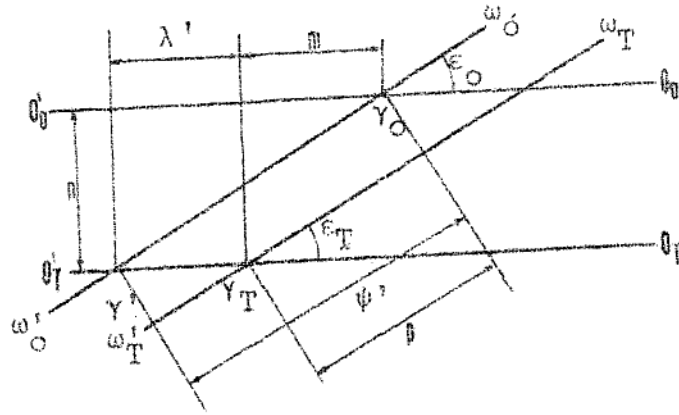


Fig. 4.12

Na figura 4.12 podemos definir os seguintes elementos:

- p - precessão geral anual em longitude;
- m - precessão geral anual em ascensão reta;
- n' - precessão geral anual em declinação;
- λ' - precessão planetária anual em ascensão reta;
- ψ' - precessão luni-solar anual em longitude;
- ε<sub>0</sub> - obliquidade da eclíptica na época T<sub>0</sub>;
- ε<sub>T</sub> - obliquidade da eclíptica na época T.

Pela figura, ε<sub>0</sub> deveria ser igual a ε<sub>T</sub>, porém, como a figura é uma simplificação da realidade sabemos que ε<sub>0</sub> é diferente de ε<sub>T</sub>.

Os valores abaixo foram deduzidos por Newcomb [26]:

$$\begin{aligned}
 \psi' &= 50,3708'' + 0,0050'' t \\
 \lambda' &= 0,1247'' - 0,0188'' t \\
 p &= 50,2564'' + 0,0222'' t \\
 m &= 3,07234^S + 0,00186^S t \\
 n &= 1,33646^S - 0,00057^S t \\
 \epsilon_T &= 23^{\circ} 27' 08,26'' - 46,845'' t - 0,0059 t^2 + 0,00181'' t^3
 \end{aligned}
 \tag{4.11}$$

onde  $t$  é medido em séculos trópicos a partir de 1900,0  $\epsilon_T$ ,  $p$ ,  $m$  e  $n$  são fornecidos para o início do ano corrente e início do ano seguinte no A.E.N.A..

Com os valores obtidos em (4.11) podemos calcular as coordenadas uranográficas para a época  $T$  a partir das mesmas coordenadas na época  $T_0$ , com as seguintes expressões (considerando apenas o efeito da precessão geral, a menos do movimento próprio) [25]:

$$\begin{aligned} \alpha &= \alpha_0 + (\psi' \cos \epsilon_T - \lambda') + \psi' \sin \epsilon_T \sin \alpha_0 \operatorname{tg} \delta_0 \\ \delta &= \delta_0 + \psi' \sin \epsilon_T \cos \alpha_0 \end{aligned} \quad (4.12)$$

Para intervalos menores que 1 ano ( $T - T_0 < 1$  ano) a 4.12 pode ficar com o seguinte aspecto:

$$\begin{aligned} \alpha &= \alpha_0 + (m + n \sin \alpha_0 \operatorname{tg} \delta_0)(T - T_0) \\ \delta &= \delta_0 + n \cos \alpha_0 (T - T_0) \end{aligned} \quad (4.13)$$

Se chamamos  $m_m$ ,  $n_m$  e  $p_m$  os valores de  $m$ ,  $n$  e  $p$  médios no intervalo  $T - T_0$  teremos:

$M = m_m (T - T_0)$  - precessão geral em ascensão reta;

$N = n_m (T - T_0)$  - precessão em declinação.

Como  $\epsilon_T$ ,  $p$ ,  $m$  e  $n$ ,  $M$  e  $N$  também podem ser obtidos do A.E.N.A.

Com  $M$  e  $N$  também podemos calcular as coordenadas uranográficas na época  $T$  através das expressões [26]:

$$\begin{aligned} \alpha &= \alpha_0 + M + N \sin \frac{1}{2} (\alpha + \alpha_0) \operatorname{tg} \frac{1}{2} (\delta + \delta_0) \\ \delta &= \delta_0 + N \cos \frac{1}{2} (\alpha + \alpha_0) \end{aligned} \quad (4.14)$$

Notamos que  $\alpha$  e  $\delta$  aparecem no segundo membro das expressões (4.14).

Resolve-se estas equações por aproximações sucessivas fazendo-se

inicialmente  $\alpha = \alpha_0$  e  $\delta = \delta_0$

#### 4.3.7 - Cálculo da nutação

Representemos para uma mesma época pequenos trechos do equador médio (apenas precessão) ( $Q_M$ ), equador verdadeiro (precessão + nutação) ( $Q_V$ ) e da eclíptica ( $\omega_T$ ) por linhas retas (fig. 4.13):

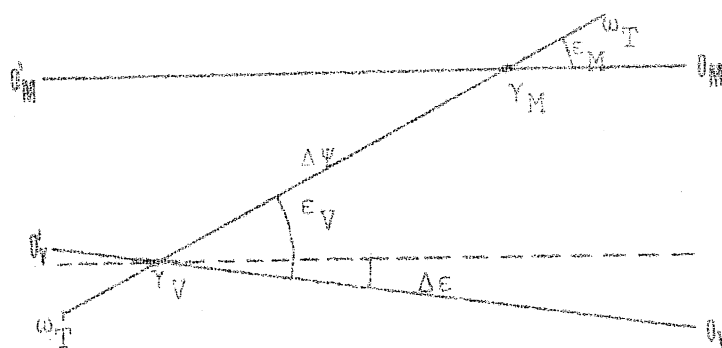


Fig. 4.13

O ponto vernal definido pelo equador médio denomina-se de ponto vernal médio ( $\gamma_M$ ) e por ponto vernal verdadeiro o definido pelo equador verdadeiro ( $\gamma_V$ ). A obliquidade da eclíptica em relação ao equador médio designamos por  $e_M$  e por  $e_V$  a obliquidade em relação ao equador verdadeiro. A diferença das duas obliquidades designamos por  $\Delta e$  e é chamada de NUTAÇÃO EM OBLIQUIDADE.

A distância medida sobre a eclíptica entre  $\gamma_M$  e  $\gamma_V$  designamos por  $\Delta \psi$  e é chamada de NUTAÇÃO EM LONGITUDE.

Expressões para  $\Delta \psi$  e  $\Delta e$  foram desenvolvidas em séries por E.W. Woolard.  $\Delta \psi$  contém 69 termos dos quais 46 são para curto período (menos que 35 dias) e representados por  $d\psi$ .  $\Delta e$  contém 40 termos sendo os de curto período em número de 24 e representados por  $de$ . Em ambos os casos os outros termos são

termos de longo período (de 35 dias a 18,6 anos). Os termos incluídos nas série de nutação podem ser obtidos na tabela 2.5 [26]. Valores de  $\Delta\psi$  e  $\Delta\epsilon$  podem ser obtidos no A.E.N.A. para as 0h TE de cada dia na efeméride do sol. Os termos de curto período estão tabelados também para as 0h TE de cada dia na tabela dos números diários de Bessel na mesma publicação.

A transformação das coordenadas urano - gráficas médias em verdadeiras pode ser feita por trigonometria esférica, e por matrizes de rotação.

#### a) Trigonometria esférica

Por trigonometria esférica obteríamos

[26]:

$$\alpha_V = \alpha_M + \Delta\psi(\cos\epsilon + \operatorname{sen}\epsilon \operatorname{sen}\alpha_M \operatorname{tg}\delta_M) - \cos\alpha_M \operatorname{tg}\delta\Delta\epsilon \quad (4.15)$$

$$\delta_V = \delta_M + \Delta\psi \operatorname{sen}\epsilon \cos\alpha + \operatorname{sen}\Delta\epsilon$$

ou [25]:

$$\alpha_V = \frac{\Delta\psi}{\psi'} (m + n \operatorname{sen}\alpha_M \operatorname{tg}\delta_M) + \frac{\Delta\psi}{\psi'} \lambda' - \Delta\epsilon \operatorname{tg}\delta_M \cos\alpha_M \quad (4.16)$$

$$\delta_V = \frac{\Delta\psi}{\psi'} n \cos\alpha_M + \Delta\epsilon \operatorname{sen}\alpha_M$$

#### b) Matrizes de rotação

Representemos os equadores médio ( $Q_M$ ) e verdadeiro ( $Q_V$ ), os respectivos polos na esfera celeste e os sistemas de coordenadas uranográficas para os dois casos,  $Z^M$  e  $Z^V$  médio e verdadeiro respectivamente (fig. 4.13a).

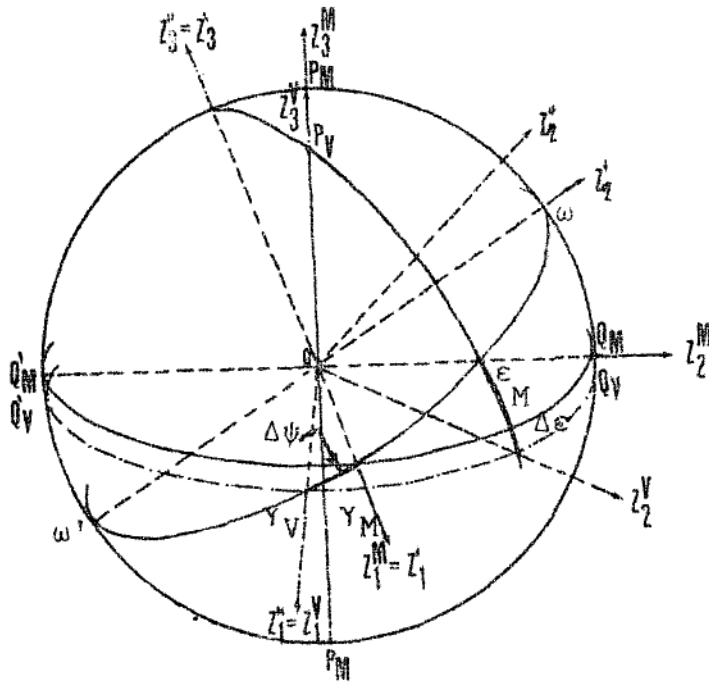


Fig. 4.13a

Para, partindo do sistema  $Z^M$  chegarmos ao sistema  $Z^V$ , por cálculo matricial, teremos que dar uma rotação positiva em torno do eixo  $Z_1^M$  de  $\epsilon_M$ , a fim de que os eixos  $(Z_1')$  e  $(Z_2')$  estejam contidos no plano da eclíptica, isto é,  $[R_1(\epsilon_M)]$ . Em seguida damos uma rotação negativa em torno do eixo  $(Z_3')$  de  $\Delta\psi$  a fim de que  $Z_1'$  caia sobre  $Z_1''$   $[R_3(-\Delta\psi)]$ . Finalmente a fim de que o eixo  $Z_2''$  se sobreponha a  $Z_2^V$  e que  $Z_3''$  passe por  $P_V$  damos uma rotação negativa em torno do eixo  $Z_1^V$  de  $(\epsilon_M + \Delta\epsilon)$ ,  $[R_1-(\epsilon_M + \Delta\epsilon)]$ . Teremos então:

$$\begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}^V = R_1[-(\epsilon_M + \Delta\epsilon)] R_3(-\Delta\psi) R_1(\epsilon_M) \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}^M \quad (4.17)$$

ou

$$\boxed{Z^V = N Z^M} \quad (4.18)$$

onde

$$N = R_1[-(\epsilon_M + \Delta\epsilon)] R_3(-\Delta\psi) R_1(\epsilon_M) \quad (4.19)$$

Desprezando termos de 2.<sup>a</sup> ordem (menores que  $4 \times 10^{-9}$  radianos)

podemos obter:

$$N \approx \begin{bmatrix} 1 & -\Delta\psi \cos\epsilon_M & -\Delta\psi \operatorname{sen}\epsilon_M \\ \Delta\psi \cos\epsilon_M & 1 & -\Delta\epsilon_M \\ \Delta\psi \operatorname{sen}\epsilon_M & \Delta\epsilon & 1 \end{bmatrix} \quad (4.20)$$

#### 4.3.8 - Efeito conjunto da precessão geral e nutação para curtos períodos.

Para períodos menores que 1 ano podemos associar os efeitos da precessão geral e da nutação:

Utilizando as (4.13) e (4.16) obteríamos:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_V &= \alpha_0 + (T - T_0 + \frac{\Delta\psi}{\psi'}) (m + n \operatorname{sen}\alpha_0 \operatorname{tg}\delta_0) + \lambda' \frac{\Delta\psi}{\psi'} - \\ &\quad - \Delta\epsilon \operatorname{tg}\delta_0 \cos\alpha_0 \\ \delta_V &= \delta_0 + (T - T_0 + \frac{\Delta\psi}{\psi'}) n \cos\alpha_0 + \Delta\epsilon \operatorname{sen}\alpha_0 \end{aligned} \right| \quad (4.21)$$

Fazendo:

$$\left. \begin{aligned} A &= n(T - T_0) + n \frac{\Delta\psi}{\psi'} = n(T - T_0) + \Delta\psi \operatorname{sen}\epsilon_M ; \\ B &= - \Delta\epsilon ; \\ E &= \frac{\Delta\psi}{\psi'} \lambda' ; \end{aligned} \right| \quad (4.22)$$



$$a = \frac{m}{n} + \text{sena}_0 \text{tg}\delta_0 ;$$

$$b = \text{cosa}_0 \text{tg}\delta_0 ;$$

$$a' = \text{cosa}_0 ;$$

$$b' = - \text{sena}_0$$

(4.23)

teremos:

$$\begin{aligned} \alpha_V &= \alpha_0 + Aa + Bb + E \\ \delta_V &= \delta_0 + Aa' + Bb' \end{aligned}$$

(4.24)

que é a notação de Bessel.

A, B e E são chamados NÚMEROS DIÁRIOS DE BESSEL. Podem ser obtidos no A.E.N.A. do ano, para as 0h TE de cada dia. O Apparent Places of Fundamental Stars (A.P.F.S.) [05] também fornece os números diários de Bessel para as 12 horas Siderais de Greenwich diariamente.

a, b, a' e b', valores que dependem das coordenadas uranográficas da estrela são obtidos das (4.23). Como A e B estão expressos em unidades de arco e a ascensão reta em geral é expressa em unidades de tempo, divide-se os valores de a e b por 15 para que o produto Aa e Bb sejam expressos em unidades de tempo.

$$\begin{aligned} a &= \frac{1}{15} \left( \frac{m}{n} + \text{sena}_0 \text{tg}\delta_0 \right) \\ b &= \frac{1}{15} \text{cosa}_0 \text{tg}\delta_0 \\ a' &= \text{cosa}_0 \\ b' &= - \text{sena}_0 \end{aligned}$$

(4.25)

a, b, a' e b' são conhecidos como CONSTANTES DE BESSEL.

Fazendo [26]:

$$\left. \begin{aligned} f &= \frac{m}{n} A + E = m(T - T_0) + \Delta\psi \cos c \\ g \operatorname{sen} G &= B \\ g \operatorname{cos} G &= A \end{aligned} \right\} \quad (4.25a)$$

obteremos a fórmula dos NÚMEROS DIÁRIOS INDEPENDENTES:

$$\begin{aligned} \alpha_V &= \alpha_0 + f + g \operatorname{sen} (G + \alpha_0) \operatorname{tg} \delta_0 \\ \delta_V &= \delta_0 + g \operatorname{cos} (G + \alpha_0) \end{aligned}$$

(4.26)

Os números diários independentes podem ser obtidos no A.E.N.A. [33] para 0h TE de cada dia.

Podemos usar os números diários de Bessel para cálculo matricial [29]. As coordenadas verdadeiras da época da observação são obtidas a partir das coordenadas médias do início do ano mais próximo, através das relações:

$$\begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}^V = \begin{bmatrix} \cos f & -\operatorname{sen} f & 0 \\ \operatorname{sen} f & \cos f & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos A & 0 & -\operatorname{sen} A \\ 0 & 1 & 0 \\ \operatorname{sen} A & 0 & \cos A \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos B & \operatorname{sen} B \\ 0 & -\operatorname{sen} B & \cos B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}^{T_0} \quad (4.27)$$

ou

$$Z^V = R_3(-f) R_2(A) R_1(B) Z^{\circ T} \quad (4.28)$$

ou ainda

$$Z^V = B Z^{\circ T} \quad (4.28a)$$

onde

$$B = R_3(-f) R_2(A) R_1(B) \quad (4.29)$$

Considerando que  $f$ ,  $A$  e  $B$  são valores muito pequenos (alguns segundos de arco) poderemos escrever:

$$R_3(-f) = \begin{bmatrix} 1 & -f & 0 \\ f & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \quad R_2(A) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -A \\ 0 & 1 & 0 \\ A & 0 & 1 \end{bmatrix};$$
$$R_1(B) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & B \\ 0 & -B & 1 \end{bmatrix} \quad (4.30)$$

sendo  $A$ ,  $B$  e  $f$  expressos em radianos.

#### 4.3.9 - Termos de curto período em nutação.

Algumas efemérides contêm os números de Bessel apenas com os termos de longo período em nutação, sem os termos de curto período. Também, efemérides nas quais as posições das estrelas são tabeladas com intervalos maiores de que um dia, não incluem nestas posições os termos de curto período em nutação, como é o caso do A.P.F.S.. Em tais casos nos valores reduzidos de  $\alpha$  e  $\delta$  devem ser incluídos tais termos.

Seus valores respectivamente para  $\alpha$  e  $\delta$  são dados pelas expressões [25]:

$$\left. \begin{aligned} d\alpha_N &= f' + g' \operatorname{sen}(G' + \alpha) \operatorname{tg}\delta \\ d\delta_N &= g' \operatorname{cos}(G' + \alpha) \end{aligned} \right\} \quad (4.31)$$

onde

$$f' = d\psi \operatorname{cose}\epsilon$$

$$g' \operatorname{sen} G' = -d\epsilon$$

$$g' \operatorname{cos} G' = d\psi \operatorname{sene}\epsilon$$

$d\epsilon$ ,  $d\psi$ ,  $f'$ ,  $g'$  e  $G'$  encontram-se tabelados no A.E.N.A. nas tabelas dos números diários de Bessel e dos números diários independentes. No caso específico do uso do A.P.F.S. as (4.31) podem ser escritas sob a forma:

$$\left. \begin{aligned} d\alpha_N &= d\alpha(\psi) d\psi + d\alpha(\epsilon) d\epsilon \\ d\delta_N &= d\delta(\psi) d\psi + d\delta(\epsilon) d\epsilon \end{aligned} \right\} \quad (4.32)$$

onde

$$\left. \begin{aligned} d\alpha(\psi) &= \frac{1}{15} (\operatorname{cose}\epsilon + \operatorname{sena}\alpha \operatorname{tg}\delta \operatorname{sene}\epsilon) \\ d\alpha(\epsilon) &= -\frac{1}{15} \operatorname{cosa}\alpha \operatorname{tg}\delta \\ d\delta(\psi) &= \operatorname{cosa}\alpha \operatorname{sene}\epsilon \\ d\delta(\epsilon) &= \operatorname{sena}\alpha \end{aligned} \right\} \quad (4.33)$$

valores que dependem das coordenadas uranográficas de cada estrela  $d\alpha(\psi)$ ,  $d\alpha(\epsilon)$ ,  $d\delta(\psi)$  e  $d\delta(\epsilon)$  acham-se tabelados para cada estrela na mesma página em que se encontram as coordenadas da estrela.  $d\psi$  e  $d\epsilon$  acham-se tabelados na tabela I para cada dia do ano.

#### 4.4 - ABERRAÇÃO

Entendemos por aberração o fenômeno do deslocamento aparente de um objeto celeste causado pela velocidade da luz e pelo movimento relativo do objeto e do observador.

Com o intuito de esclarecer este fenômeno imaginemos um cavaleiro ao lado de uma composição ferroviária. Se ambos estiverem parados e o cavaleiro disparar uma arma de fogo, para um detetive seria fácil descobrir a direção de onde proveio o tiro ligando os pontos perfurados pela bala nas duas paredes laterais do vagão, isto é, na figura 4.14a os pontos A e B. Se o trem se deslocar (fig. 4.14b) o segundo furo não



Fig. 4.14

será mais em A, mas sim em D dando a falsa impressão ao detetive que o cavaleiro estaria em C' e não em C. C' estará tanto mais distante de C quanto maior for a velocidade do trem. Ao ângulo formado pelas direções CB e C'B designamos por ângulo de aberração. ( $\nu$ ) Poderíamos estender o raciocínio para os casos de o cavaleiro estar se deslocando e o trem parado, ou ambos se deslocando na mesma direção ou ainda ambos se deslocando mas em direções contrárias.

O mesmo fenômeno ocorre com os corpos celestes que nos enviam luz. O segundo caso seria o exemplo do que ocorre com as estrelas; leva-se em consideração apenas os

movimentos da Terra, pois os movimentos das estrelas são muito reduzidos. As quarta e quinta hipóteses, que são combinações da segunda e terceira, exemplificam a aberração para os planetas, cometas, satélites e satélites artificiais, corpos que têm movimento em relação à Terra.

À segunda hipótese dá-se o nome de **ABERRAÇÃO ESTELAR**.

**CORREÇÃO PARA O TEMPO DE DESLOCAMENTO DA LUZ** é a designação para o caso da terceira hipótese (Terra imóvel e astro se deslocando).

Os dois últimos casos, combinação dos dois anteriores, designam-se por **ABERRAÇÃO PLANETÁRIA**.

À diferença do ângulo de aberração planetária e do ângulo de aberração estelar dá-se o nome de **ABERRAÇÃO DIFERENCIAL**.

No caso de Astronomia Geodésica nos interessará apenas a aberração estelar. Porém para a utilização de satélites artificiais teremos que conhecer os efeitos causados pela aberração planetária.

O fenômeno da aberração foi descoberto pelo astrônomo inglês James Bradley da Universidade de Oxford em 1727. Procurando observar os deslocamentos paraláticos anuais de estrelas para confirmar experimentalmente a teoria heliocêntrica de Copérnico, Bradley constatou que todas as estrelas observadas pareciam descrever anualmente uma elipse de mesmo eixo maior. Isto significaria que a paralaxe anual (que veremos adiante é função da distância da estrela) era a mesma para todas e que portanto todas estavam situadas à mesma distância da Terra. O astrônomo inglês não podia admitir essa hipótese. Além do mais quando ele previa que a estrela iria passar pela extremidade do eixo maior da elipse (suposta da paralaxe) ela passava exatamente pela extremidade do eixo menor e vice-versa, isto é, diferia de 3 meses do previsto. Este fato levou Bradley a denominar o fenômeno de aberração, o qual foi explicado por ele utilizando o valor aproximado da velocidade de propagação da luz encontrado pelo astrônomo dinamarquês Roemer em 1675, por observações de satélites de Júpiter.

#### 4.4.1 - Aberração estelar

Ainda, com intuito de tornar claras as idéias, imaginemos uma observação feita a uma estrela com uma luneta (fig. 4.15). Se o observador estivesse parado (Terra imóvel) a estrela E seria vista em  $E_1$  e sua direção formaria com a direção de deslocamento  $v$  um ângulo  $\theta$ . Mas a Terra está em movimento e a luz emanada da estrela dispense um certo tempo para ir da ob-

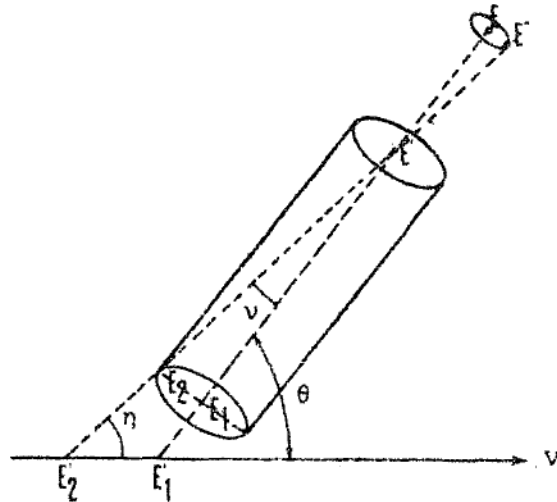


Fig. 4.15

jetiva à ocular da luneta. Quando esta luz chegar à ocular estaremos vendo a estrela em  $E_2$ . A direção  $E_2 E'$  forma com a direção de deslocamento um ângulo aparente  $\eta$  diferente de  $\theta$ . O ângulo  $\nu$  formado pelas duas direções é o ângulo de aberração.

Prologando  $E' E_1$  até a direção de deslocamento teremos  $E'_1$  e fazendo o mesmo com a direção  $E' E_2$  teremos o ponto  $E'_2$  que com  $E'$  e  $E'_1$  forma um triângulo  $E' E'_1 E'_2$ . Podemos, então escrever:

$$\frac{E'_1 E'_2}{\text{sen } \nu} = \frac{E' E'_2}{\text{sen}(180^\circ - \theta)} \quad (4.34)$$

Sendo  $v$  a velocidade de deslocamento da Terra e  $c$  a velocidade da luz teremos:

$$E'_1 E'_2 = vt$$

$$E' E'_2 = ct$$

então:

$$\frac{vt}{\text{sen } \nu} = \frac{ct}{\text{sen } \theta} \quad \text{sen } \nu = \frac{v}{c} \text{sen } \theta$$

Como  $v$  tem valores muito pequenos podemos dizer que:

$$v'' = \frac{v \operatorname{sen}\theta}{c \operatorname{sen}l''} \quad (4.35)$$

$v$  será máximo quando  $\theta = 90^\circ$ , isto é, quando a direção real do raio luminoso e a direção do deslocamento forem normais. Neste caso:

$$\max v'' = \frac{v}{c \operatorname{sen}l''} = \kappa \quad (4.36)$$

$\kappa$  é chamado de CONSTANTE DE ABERRAÇÃO.

Então a (4.35) poderá ser escrita como:

$v'' = \kappa \operatorname{sen}\theta$

 (4.37)

Dependendo da componente dos diversos movimentos da Terra podemos dividir a aberração estelar em tres casos:

- a) Aberração secular devida ao movimento do sistema solar em torno do centro da nossa galaxia; como ela é praticamente constante para todas as estrelas é ignorada;
- b) Aberração anual devida ao movimento de translação da Terra ao redor do Sol;
- c) Aberração diária devida ao movimento de rotação da Terra em torno do seu próprio eixo.

#### 4.4.1.1 - Aberração anual

Na (4.36) fazemos  $v$  igual a velocidade de translação da Terra ao redor do Sol. Sabemos que  $v \sim 30\text{km/s}$  e adotando para  $c \sim 300.000 \text{ km/s}$  teremos:

$$\kappa = \frac{30}{0,0000048481 \times 300.000} = 20,626''$$

O valor atualmente adotado para  $\kappa$  é:



$$\kappa = 20,4958''$$

\*

#### 4.4.1.2 - Elipse de aberração

Como a Terra no período de um ano descreve uma elipse, tendo como um dos focos o Sol e, lembrando que a aberração anual é devida a este movimento, não é difícil compreender que a trajetória aparente descrita por uma estrela no período de um ano devida à aberração é uma elipse cujo plano é paralelo ao plano da eclíptica (fig. 4.15). Sua equação é [30]:

$$\frac{x^2}{\kappa^2} + \frac{y^2}{\kappa^2 \operatorname{sen}^2 \beta} = 1 \quad (4.38)$$

onde  $\beta$  é a latitude celeste.

Da (4.38) concluímos que o semi-eixo maior é igual a  $\kappa$  e é constante para todas as estrelas. O semi-eixo menor é igual a  $\kappa \operatorname{sen} \beta$ . Se a estrela estiver no plano da eclíptica  $\beta = 0$ , seu eixo menor será igual a zero, portanto, a elipse degenera em um segmento de reta. Se  $\beta = 90^\circ$  o semi-eixo maior será igual a  $\kappa^2$  e a elipse se torna uma circunferência de raio igual a  $\kappa$ .

#### 4.4.1.3 - Aberração anual circular

Para facilitar as deduções seguintes, vamos desprezar a excentricidade da órbita terrestre, isto é, vamos imaginá-la circular (fig. 4.16), tendo o Sol como centro.

Sendo T a posição da Terra num determinado instante, TF será a direção do movimento da Terra naquele instante normal ao raio vetor ST. A longitude celeste da direção

---

\* IAU 1964 (constantes astronômicas).

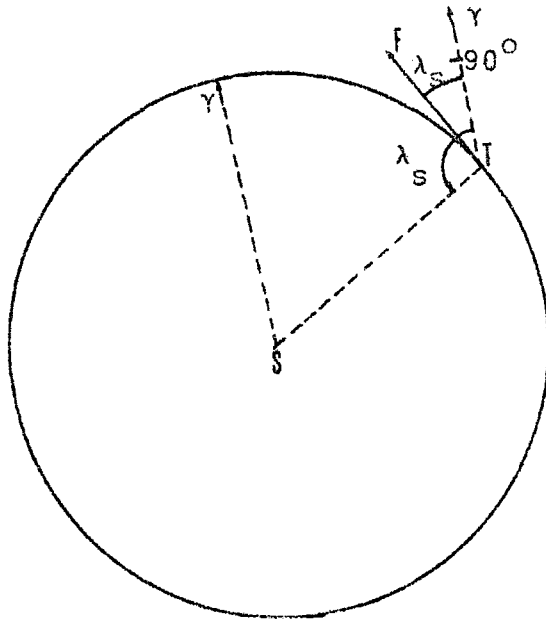


Fig. 4.16

$TF$  é  $\lambda_s - 90^\circ$ . Podemos representar esta situação na esfera celeste (fig. 4.17). Devido à aberração a estrela da posição  $E$  passará para a posição  $E'$  na direção do deslocamento  $F$ .

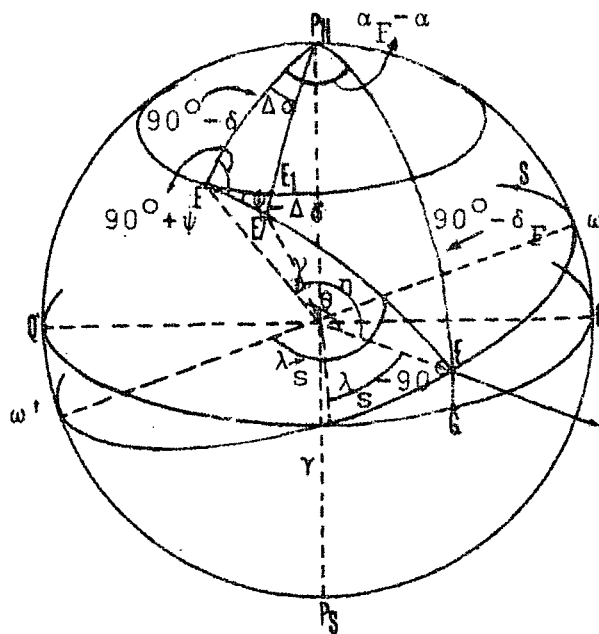


Fig. 4.17

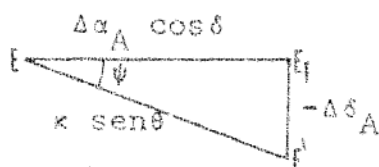


Fig. 4.18

A figura  $EE'E_1$  pode ser calculada como se fosse um triângulo plano (fig. 4.18). O ângulo em E chamamos de  $\psi$ . O lado  $E_1E'$  é a variação na declinação  $-\Delta\delta_A$ . O lado  $EE'$  é igual ao ângulo de aberração  $v$ . Mas da (4.37)  $v'' = \kappa \text{ sen}\theta$ . O lado  $EE_1 = \Delta\alpha_A \cos\delta$ .

Sendo o triângulo  $EE'E_1$  retângulo em  $E_1$  podemos escrever:

$$\begin{aligned} \Delta\alpha_A \cos\delta &= \kappa \text{ sen}\theta \cos\psi \\ \Delta\delta_A &= -\kappa \text{ sen}\theta \text{ sen}\psi \end{aligned} \quad (4.39)$$

ou

$$\begin{aligned} \Delta\alpha_A &= \kappa \text{ sen}\theta \cos\psi \sec\delta \\ \Delta\delta_A &= -\kappa \text{ sen}\theta \text{ sen}\psi \end{aligned}$$

(4.40)

Como não conhecemos  $\theta$  e  $\psi$  vamos tentar eliminá-los.

Aplicando ao triângulo  $P_NEF$  a analogia dos senos temos:

$$\text{sen}\theta \cos\psi = \cos\delta_F \text{ sen}(\alpha_F - \alpha) \quad (4.41)$$

Aplicando a este mesmo triângulo a fórmula dos 5 elementos teremos:

$$-\text{sen}\theta \text{ sen}\psi = \cos\delta \text{ sen}\delta_F - \text{sen}\delta \cos\delta_F \cos(\alpha_F - \alpha) \quad (4.42)$$

Desenvolvendo as diferenças de arcos nas (4.41) e (4.42) vem:

$$\text{sen}\theta \cos\psi = \cos\delta_F \text{ sen}\alpha_F \cos\alpha - \cos\delta_F \cos\alpha_F \text{ sen}\alpha \quad (4.43)$$

$$\begin{aligned} -\text{sen}\theta \text{ sen}\psi &= \cos\delta \text{ sen}\delta_F - \text{sen}\delta \cos\delta_F \cos\alpha_F \cos\alpha - \\ &- \text{sen}\theta \cos\delta_F \text{ sen}\alpha_F \text{ sen}\alpha \end{aligned} \quad (4.44)$$

Isolemos agora o triângulo esférico  $\gamma FG$  (fig. 4.19), que é retângulo em G. Aplicando a regra de Mauduit a este triângulo vem:

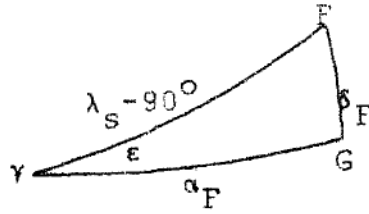


Fig. 4.19

$$\text{sen} \lambda_S = \text{cos} \delta_F \text{ cos} \alpha_F \quad (4.45)$$

Aplicando a mesma regra novamente ao mesmo triângulo teremos:

$$\text{sen} \delta_F = - \text{cos} \lambda_S \text{ sen} \varepsilon \quad (4.46)$$

Aplicando agora a fórmula dos 5 elementos encontraremos:

$$- \text{cos} \lambda_S \text{ cos} \varepsilon = \text{sen} \alpha_F \text{ cos} \delta_F \quad (4.47)$$

Substituindo as expressões (4.45) e (4.47) na (4.43) vem:

$$\text{sen} \theta \text{ cos} \psi = - \text{cos} \lambda_S \text{ cos} \varepsilon \text{ cos} \alpha - \text{sen} \lambda_S \text{ sen} \alpha \quad (4.48)$$

Da mesma maneira substituindo as (4.45), (4.46) e (4.47) na (4.44) vem:

$$\text{sen} \theta \text{ sen} \psi = \text{cos} \delta \text{ cos} \lambda_S \text{ sen} \varepsilon + \text{sen} \delta \text{ sen} \lambda_S \text{ cos} \alpha - \text{sen} \delta \text{ cos} \lambda_S \text{ cos} \varepsilon \text{ sen} \alpha$$

ou

$$\text{sen} \theta \text{ sen} \psi = \text{cos} \lambda_S \text{ cos} \varepsilon (\text{tg} \varepsilon \text{ cos} \delta - \text{sen} \delta \text{ sen} \alpha) + \text{sen} \delta \text{ sen} \lambda_S \text{ cos} \alpha \quad (4.49)$$

Levando as expressões (4.48) e (4.49) nas (4.40) vem:

$$\Delta \alpha_A = - \kappa (\text{cos} \lambda_S \text{ cos} \varepsilon \text{ cos} \alpha + \text{sen} \lambda_S \text{ sen} \alpha) \text{ sec} \delta \quad (4.50)$$

$$\Delta \delta_A = - \kappa [\text{cos} \lambda_S \text{ cos} \varepsilon (\text{tg} \varepsilon \text{ cos} \delta - \text{sen} \delta \text{ sen} \alpha) + \text{sen} \delta \text{ sen} \lambda_S \text{ cos} \alpha]$$

Fazendo:

$$C = - \kappa \cos \epsilon \cos \lambda_s$$

$$D = - \kappa \operatorname{sen} \lambda_s$$

$$c = \cos \alpha \operatorname{sec} \delta$$

$$d = \operatorname{sen} \alpha \operatorname{sec} \delta$$

$$c' = \operatorname{tge} \cos \delta - \operatorname{sen} \delta \operatorname{sen} \alpha$$

$$d' = \operatorname{sen} \delta \cos \alpha$$

podemos escrever:

$\Delta \alpha_A = Cc + Dd$ $\Delta \delta_A = Cc' + Dd'$	(4.51)
---	--------

Os valores de C e D dependem da longitude celeste do Sol e da obliquidade da eclíptica. Fazem parte dos números diários de Bessel e podem ser obtidos nas tabelas correspondentes no A.E.N.A. para as 0h TE e no A.P.F.S. para as 12 horas siderais de Greenwich diariamente.

Os valores de c, d, c' e d' que dependem das coordenadas equatoriais da estrela e da obliquidade da eclíptica, terão que ser calculados para cada estrela.

Se fizermos ainda:

$$D = h \cos H$$

$$C = h \operatorname{sen} H$$

$$C \operatorname{tge} = i$$

podemos escrever:

$$\Delta \alpha_A = h \operatorname{sen} H \cos \alpha \operatorname{sec} \delta + h \cos H \operatorname{sen} \alpha \operatorname{sec} \delta$$

Lembrando que:

$$\text{sen } H \text{ cos } \alpha + \text{cos } H \text{ sen } \alpha = \text{sen}(H + \alpha)$$

vem:

$$\Delta \alpha_A = h \text{ sec } \delta \text{ sen}(H + \alpha) \quad (4.52)$$

E

$$\Delta \delta_A = h \text{ sen } H (\text{tge } \cos \delta - \text{sen } \delta \text{ sen } \alpha) + h \text{ cos } H \text{ sen } \delta \text{ cos } \alpha$$

$$\Delta \delta_A = h \text{ sen } H \text{ tge } \cos \delta - h \text{ sen } H \text{ sen } \delta \text{ sen } \alpha + h \text{ cos } H \text{ sen } \delta \text{ cos } \alpha$$

Mas

$$h \text{ sen } H \text{ tge } = C \text{ tge } = i$$

e

$$- \text{sen } H \text{ sen } \alpha + \text{cos } H \text{ cos } \alpha = \text{cos}(H + \alpha)$$

então teremos:

$$\Delta \delta_A = i \text{ cos } \delta + h \text{ cos}(H + \alpha) \text{ sen } \delta \quad (4.52a)$$

Os valores de  $h$ ,  $H$  e  $i$  encontram-se tabelados no A.E.N.A. na tabela dos números diários independentes para 0h TE diariamente. Os valores de  $-D$ ,  $C$  e  $C \text{ tge}$  expressos em radianos podem ser considerados como deslocamento das coordenadas retilíneas  $Z_1$ ,  $Z_2$  e  $Z_3$  respectivamente, então poderemos escrever [29]:

$$\begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}^A = \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}^V + \begin{bmatrix} -D \\ C \\ C \text{ tge} \end{bmatrix} \quad (4.53)$$

Os valores de  $D$ ,  $C$  e  $\epsilon$  devem ser referidos ao sistema verdadeiro do instante da observação. Podem ser obtidos do A.E.N.A. ou do A.P.F.S. fazendo-se interpolação para o instante da observação  $u$

sando as primeiras e segundas diferenças. Porém, estes valores são referidos ao sistema médio do início do ano de Bessel mais próximo e não ao sistema verdadeiro do instante da observação. Para que sejam referidos ao sistema verdadeiro precisamos dar uma rotação no valor  $-D$ ,  $C$  e  $C \operatorname{tg} \epsilon$  com a matriz  $B$  (4.29) [25], teremos então:

$$\begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}^A = \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}^V + B \begin{bmatrix} -D \\ C \\ C \operatorname{tg} \epsilon \end{bmatrix} \quad (4.54)$$

#### 4.4.1.4 - Aberração anual elíptica

Em 4.4.1.3 supusemos a órbita circular, isto é, a Terra se movendo com velocidade constante ao redor do Sol. Sabemos pelas leis de Kepler que não é isso que ocorre na realidade, mas sim que a Terra se movimenta em órbita elíptica e com velocidade  $V$  variável (fig. 4.20).

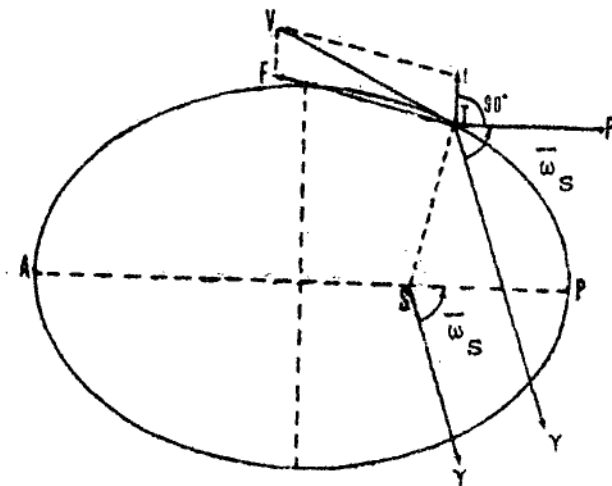


Fig. 4.20

A velocidade  $V$  pode ser decomposta em duas componentes,  $F$  perpendicular ao raio vetor  $ST$  e  $f$  perpendicular ao eixo maior da elipse.  $F$  e  $f$  são constantes e,  $f = eF$  onde  $e$  é a excentricidade da órbita [30].

Se  $F$  é perpendicular ao raio vetor  $ST$ , deduz-se que  $F$  é a componente que tornaria a órbita circular caso não houvesse  $f$ .  $f$  portanto, é a componente responsável pela elipticidade da órbita. Os mesmos raciocínios que adotamos para a determinação dos efeitos da aberração devidos à velocidade  $F$ , podemos usar para a determinação dos efeitos da aberração devidos à velocidade  $f$ .

Na fig. 4.20 o ângulo  $P\hat{S}\gamma$  é a longitude do perihélio  $\bar{\omega}_s$ . Traçando por  $T$  uma paralela a  $SP$ ,  $TP'$  e uma paralela a  $S\gamma$ ,  $T\gamma$ , vemos que o ângulo  $P'T\gamma$  será igual  $\bar{\omega}_s$  e então o ângulo  $\gamma T f$  é  $\bar{\omega}_s + 90^\circ$ . Sabemos ainda que:

$$\bar{\omega}_s = \Gamma - 180^\circ$$

onde  $\Gamma$  é a longitude do perigeo.

O valor de  $\Gamma$  pode ser obtido do A.E.N.A. ou da expressão:

$$\Gamma = 281^\circ 13' 15'' + 6189,03''T + 1,63''T^2 + 0,012''T^3 \quad (4.55)$$

onde  $T$  é o tempo decorrido desde 1900,0 [26] até o instante da observação em séculos Julianos.

Podemos então reproduzir a fig. 4.17 substituindo  $F$  por  $f$  e conseqüentemente  $\lambda_s - 90^\circ$  por  $\bar{\omega}_s + 90^\circ$  (fig. 4.21).

As correções nas coordenadas urano-gráficas serão obtidas de maneira análoga às obtidas em (4.50) substituindo-se  $\lambda_s - 90^\circ$  por  $\bar{\omega}_s + 90^\circ$  e como  $f = eF$  multiplicando-se por  $e$  [25].



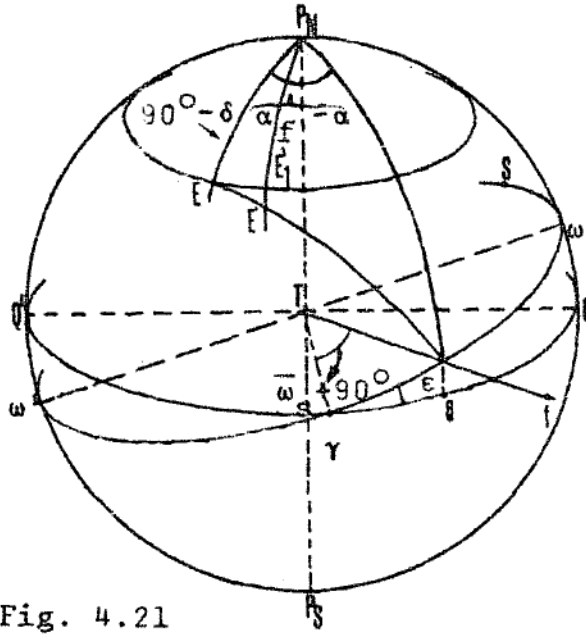


Fig. 4.21

Então teremos:

$$\Delta \alpha_A^E = e \kappa (\cos \bar{\omega}_S \cos \epsilon \cos \alpha \sec \delta + \sin \bar{\omega}_S \sin \alpha \sec \delta)$$

$$\Delta \delta_A^E = e \kappa [\cos \bar{\omega}_S \cos \epsilon (\operatorname{tg} \epsilon \cos \delta - \sin \alpha \operatorname{sen} \delta) + \sin \bar{\omega}_S \cos \alpha \operatorname{sen} \delta] \quad (4.56)$$

Fazendo:

$$\Delta C = e \kappa \cos \bar{\omega}_S \cos \epsilon$$

$$\Delta D = e \kappa \cos \bar{\omega}_S$$

podemos escrever:

$$\begin{aligned} \Delta \alpha_A^E &= \Delta C c + \Delta D d \\ \Delta \delta_A^E &= \Delta C c' + \Delta D d' \end{aligned} \quad (4.57)$$

$\Delta \alpha_A^E$  e  $\Delta \delta_A^E$  são conhecidos como termos em E da aberração.

Como:

$$e = 0,016726 \quad e \quad \kappa = 20,4958''$$

$\epsilon_k = 0,343''$  que é valor máximo do efeito da elipticidade da órbita na aberração anual [25].

Os termos em E que dependem de  $\bar{\omega}_s$ ,  $\epsilon$ ,  $e$ ,  $\alpha$  e  $\delta$  variam muito pouco com o decorrer dos anos. Por isso a maioria dos catálogos estelares já trazem incluídos estes valores nas posições médias catalogadas. Porém, em casos rigorosos, e quando o tempo decorrido entre a época do catálogo e o da observação é grande, faz-se necessário calcular os termos em E para a época do catálogo, subtraí-los das coordenadas médias retiradas do catálogo, reduzir estas coordenadas para a época desejada (precessão e nutação) e, calcular novamente os termos em E para esta época reintroduzindo-os nas coordenadas verdadeiras da época [28].

#### 4.4.1.5 - Aberração diária

Aberração diária é a aberração causada pelo movimento de rotação em torno de seu eixo.

Como a velocidade tangencial de rotação da Terra depende da latitude, para um observador no polo não haverá aberração ao passo que ela será máxima para um observador no equador. A velocidade tangencial no equador será:

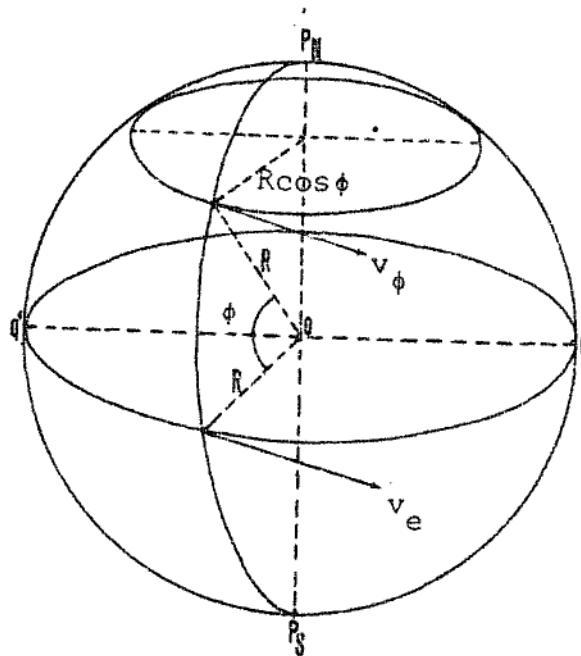


Fig. 4.22

$$v_e = \frac{2\pi R}{T}$$

Onde R é o raio equatorial da Terra e T o período de rotação. Como R ~ 6 378 km e T = 86 164 s médios

$$v_e = \frac{2 \times 3,14159 \times 6\,378}{86\,164} = 0,465 \text{ km/s}$$

Como

$$v_\phi = \frac{2\pi R \cos\phi}{T} \quad v_\phi = v_e \cos\phi$$

$$v_\phi = 0,465 \cos\phi \quad (4.58)$$

Como da (4.36)  $\kappa = \frac{v}{c \text{ sen } 1''}$

$$\kappa_d = \frac{0,465 \cos\phi}{c \text{ sen } 1''}$$

Adotando para c ~ 300.000 km/s vem:

$$\kappa_d = \frac{0,465}{300.000 \times 0,0000048481} \cos\phi$$

$\kappa_d = 0,320 \cos\phi \text{ (em segundos de arco)}$ $\kappa_d = 0,0213 \cos\phi \text{ (em segundos de tempo)}$	(4.59)
---	--------

Analogamente como foram obtidas as expressões (4.40) obteríamos:

$$\Delta\alpha_A^d = \kappa_d \text{ sen}\theta \text{ cos}\psi \text{ sec}\delta \quad (4.60)$$

$$\Delta\delta_A^d = - \kappa_d \text{ sen}\theta \text{ sen}\psi$$

Precisamos então conhecer  $\theta$  e  $\psi$  para o caso.

Como o sentido de rotação da Terra é de oeste para leste  $v_\phi$  está dirigido para o leste. Portanto o deslocamento aparente se dará nesta direção. (fig. 4.23).

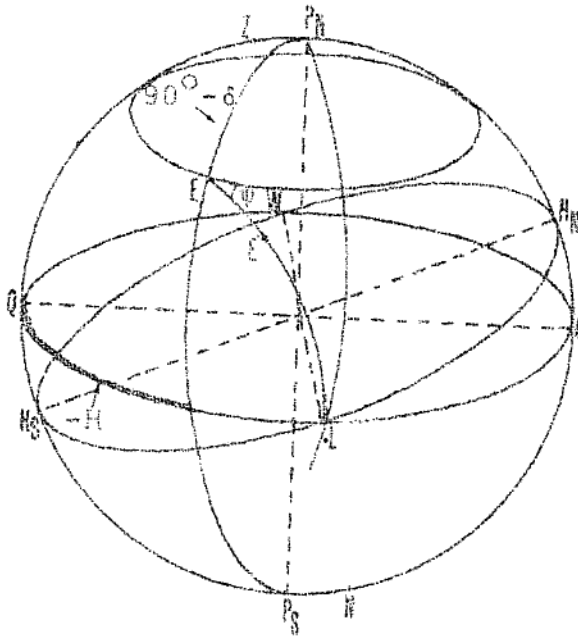


Fig. 4.23

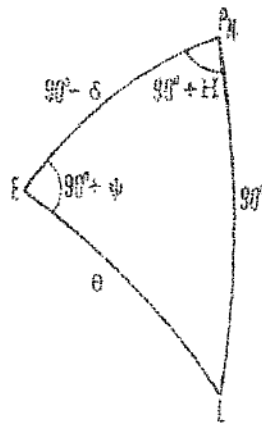


Fig. 4.24

No triângulo  $P_NEL$  (fig. 4.24), sabemos que:

$$\overline{EL} = \theta$$

$$\overline{P_NL} = 90^\circ$$

$$E = 90^\circ + \psi$$

$$P_N = 90^\circ - (-H) = 90^\circ + H$$

Aplicando ao triângulo  $P_NEL$  a analogia dos senos vem:

$$\cos H = \text{sen} \theta \cos \psi \tag{4.61}$$

Aplicando agora a fórmula dos 5 elementos vem:

$$\boxed{\text{sen}\theta \text{ sen}\psi = -\text{sen}\delta \text{ sen}H} \quad (4.62)$$

Substituindo as (4.61) e (4.62) nas (4.60) teremos:

$$\boxed{\begin{aligned} \Delta\alpha_A^d &= \kappa_d \cos H \sec\delta \\ \Delta\delta_A^d &= \kappa_d \text{sen}\delta \text{ sen}H \end{aligned}} \quad (4.63)$$

ou

$$\boxed{\begin{aligned} \Delta\alpha_A^d &= 0,0213 \cos\phi \cos H \sec\delta (\text{em segundos de tempo}) \\ \Delta\delta_A^d &= 0,320 \cos\phi \text{sen}\delta \text{ sen}H (\text{em segundos de arco}) \end{aligned}} \quad (4.64)$$

Se observarmos o astro no meridiano  $H = 0$  ou  $H = 180^\circ$ . As equações (4.64) ficarão com o seguinte aspecto:

$$\boxed{\begin{aligned} \Delta\alpha_A^d &= \pm 0,0213 \cos\phi \sec\delta (\text{em segundos de tempo}) \\ \Delta\delta_A^d &= 0 \end{aligned}} \quad (4.65)$$

$\Delta\alpha_A^d$  será positivo na passagem meridiana superior e negativa na passagem meridiana inferior.

Devido à aberração diária enxergam-se as estrelas na passagem meridiana depois de elas realmente passarem.

Em Astronomia Geodésica quando se

observam as estrelas nas suas passagens meridianas ao invés de se corrigir as coordenadas equatoriais do efeito da aberração diária, considera-se este efeito nas cronometragens das passagens.

Correções devidas à aberração diária podem ser obtidas na tabela 2.6 [26] em função da latitude do observador e da declinação da estrela.

#### 4.4.2 - Correção para o tempo de deslocamento da luz.

Imaginemos agora a Terra imóvel e o objeto celeste se deslocando (fig. 4.25).

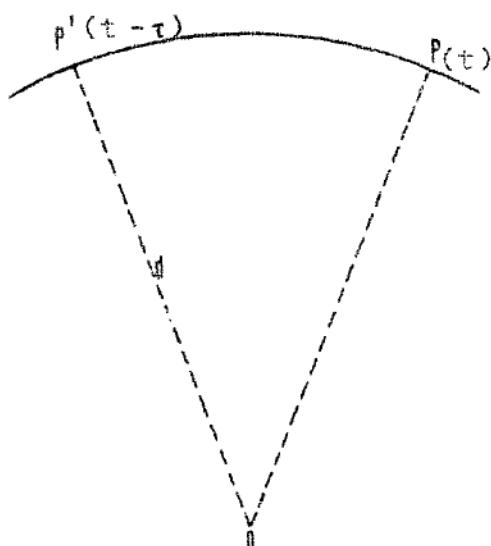


Fig. 4.25

O objeto visto em  $P'$  num instante  $t$ , na realidade neste instante não estará mais em  $P'$  mas sim em  $P$ . Isto se deve à velocidade da luz. Designando por  $(t - \tau)$  o instante em que um raio luminoso deixa o objeto e, sendo  $\tau$  o tempo que este raio leva para chegar ao observador o mesmo chegará no instante  $t$ . Porém neste instante o objeto já estará em  $P$ . Designemos por  $v_p$  a velocidade de deslocamento do objeto, por  $c$  a velocidade da luz e por  $d$  a distância observador-objeto. Considerando que  $P$  está relativamente próximo de  $P'$ , podemos considerar a velocidade

$v_p$  constante. Podemos escrever:

$$\tau = \frac{d}{c} \quad (4.66)$$

onde  $\tau$  é o tempo de deslocamento da luz, ou da literatura em língua inglesa "light time".

A distância entre P e P' (confundindo o arco com a corda) será:

$$PP' = v_p \tau \quad (4.67)$$

A variação das coordenadas uranográficas será então [07]:

$$\Delta\alpha_{TL} = - \tau \Delta\alpha \quad (4.68)$$

$$\Delta\delta_{TL} = - \tau \Delta\delta$$

onde  $\Delta\alpha$  é a variação horária da ascensão reta e  $\Delta\delta$  a variação horária da declinação do objeto.

Como a distância às estrelas não é conhecida com precisão, o tempo de deslocamento da luz também não poderá ser conhecido. Considerando este fato e o de que o movimento próprio das estrelas é muito pequeno esta correção não é levada em consideração para as estrelas. Porém terá que ser considerada nos planetas, cometas, satélites e satélites artificiais conjuntamente com a aberração estelar, cujo resultado é a chamada aberração planetária.

#### 4.4.3 - Aberração planetária

Aberração planetária é a combinação da aberração estelar e a correção para o tempo de deslocamento da luz, portanto levando em consideração o movimento relativo objeto-observador. Em Astronomia Geodésica não teria grande importância, pois a mesma não se preocupa em observar astros errantes. Porém é de grande importância em Geodésia Celeste pois a velocidade dos satélites artificiais é da ordem de 8 km/s obrigando a que se leve em consideração a aberração planetária nas observações des-

tes objetos [34].

Um objeto visto em  $P$ , num instante  $t$ , por um observador situado em  $O$  (fig. 4.26), na realidade nes-

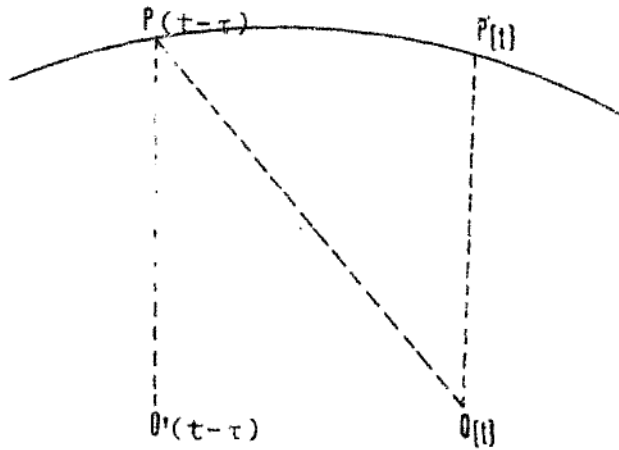


Fig. 4.26

te instante já estará em  $P'$ . Porém, quando a luz deixou o objeto  $P$  o observador estava ainda em  $O'$  no instante  $t - \tau$ , sendo  $\tau$  o tempo que a luz gastou para ir de  $P$  a  $O$ . Portanto a verdadeira direção do objeto visto pelo observador é  $O'P$  no instante  $t - \tau$  e  $OP'$  no instante  $t$ . Podemos dizer então que a posição verdadeira do objeto no instante  $t - \tau$  é a posição do objeto afetada da aberração planetária no instante  $t$ . Pela (4.66) podemos calcular  $\tau$  desde que se conheça a distância observador-objeto, e a posição verdadeira obtida corresponde ao instante  $t - \tau$ . Portanto, a correção devida à aberração planetária, consiste em alterar o instante (cronometragem) da observação do tempo  $\tau$ . Em Geodésia Celeste, que é o que nos interessa no caso, pode-se operar desta maneira. Entretanto, em alguns casos não se quer alterar o instante da observação, teremos então que alterar as coordenadas  $\alpha$  e  $\delta$  observadas.

Como as coordenadas do satélite são obtidas das fotografias por meio das coordenadas de estrelas, estas coordenadas estarão afetadas da aberração se as posições das



estrelas também estiverem. Teremos então que obter as coordenadas verdadeiras do satélite. Isto será feito subtraindo das coordenadas obtidas o efeito da aberração planetária [34]:

$$\begin{aligned} \epsilon\alpha &= \frac{\Delta\alpha d}{c \cos\delta} \\ \epsilon\delta &= \frac{\Delta\delta d}{c} \end{aligned}$$

(4.69)

Onde  $\Delta\alpha$  e  $\Delta\delta$  são as variações em  $\alpha$  e  $\delta$  respectivamente em relação ao tempo, e  $d$  a distância observador-satélite.  $\Delta\alpha$  e  $\Delta\delta$  são facilmente encontrados, medindo-se na placa fotográfica a variação de  $\alpha$  e  $\delta$  do satélite em relação ao tempo.

Se as posições das estrelas forem verdadeiras, isto é, sem o efeito da aberração, evitaremos certa quantidade de cálculos. Neste caso deveremos aplicar as correções devidas à aberração anual, aberração diária às posições obtidas do satélite e também à aberração planetária obtida na expressão (4.69). Outra maneira ainda na qual se poderia economizar cálculos, seria utilizar as coordenadas médias das estrelas, corrigidas de seu movimento próprio para uma determinada época (época de um catálogo por exemplo). A posição do satélite obtida, corrigida da aberração anual e da aberração planetária será a posição média do satélite para a época dada. As coordenadas verdadeiras serão então obtidas através das reduções de precessão e nutação já conhecidas.

#### 4.5 - PARALAXE

À diferença entre as direções de um objeto projetado na esfera celeste visto de dois pontos distintos denomina-se PARALAXE. Assim, um objeto  $O$  visto de  $A$  e  $B$  será pro-

jetado em A' e B' respectivamente (fig. 4.27). A paralaxe será o ângulo  $AOB = A'OB'$  [27]. Podemos então, ter dois casos distintos para a paralaxe de uma estrela:

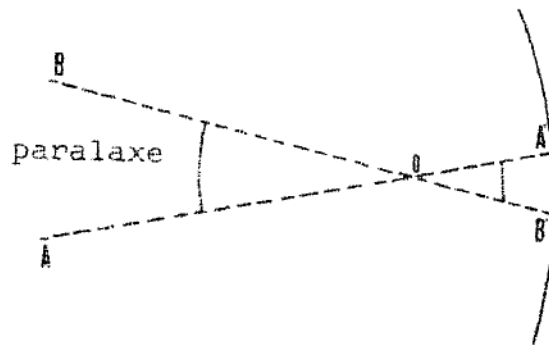


Fig. 4.27

- a) Paralaxe anual, na qual a estrela é vista do centro da Terra e do Sol;
- b) Paralaxe diária na qual a estrela é vista da superfície e do centro da Terra.

#### 4.5.1 - Paralaxe anual ou ânua

Devido ao movimento de translação da Terra em sua órbita a direção do centro da Terra a uma estrela (suposta fixa) estará constantemente variando. A fim de se eliminar esta variação reduz-se a direção observada ao centro de massa do sistema solar, ou praticamente ao centro do Sol. Supondo a órbita circular, sem risco de cometermos erro considerável, (fig. 4.28), a direção de uma estrela E observada do centro da Terra seria  $\theta'$ ; e se a mesma fosse observada do centro do Sol seria  $\theta$ . A direção observada do centro da Terra chamamos de geocêntrica. Àquela observada do centro do Sol chamamos de heliocêntrica. Chamamos de PARALAXE ANUAL e representamos por  $\Pi$  o valor máximo de  $\theta - \theta'$ . Traçando por T uma paralela TE' a SE notamos que o ângulo em E do triângulo STE é  $\theta - \theta'$ . Concluimos então que

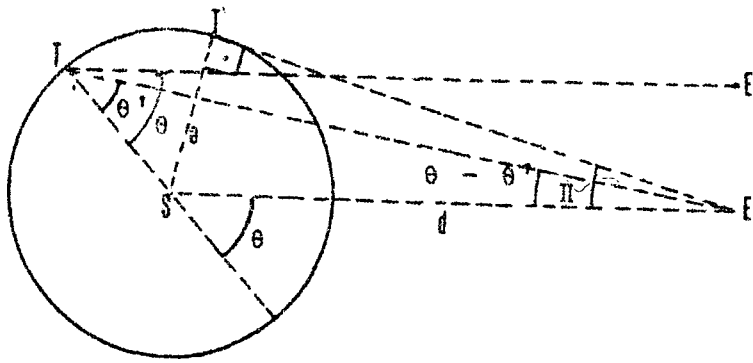


Fig. 4.28

$\theta - \theta'$  será máximo quando TE for perpendicular a TS. Podemos dizer então que a paralaxe anual é o ângulo segundo o qual um observador situado na estrela vê o raio da órbita da Terra. Chamando de  $d$  a distância do Sol à estrela e de  $a$  o raio da órbita, do triângulo ET'S temos que:

$$\text{sen}\Pi = \frac{a}{d} \quad (4.70)$$

do triângulo STE temos:

$$\frac{ST}{\text{sen}(\theta - \theta')} = \frac{SE}{\text{sen}\theta'}$$

Mas  $ST = a$  e  $SE = d$ , donde:

$$\text{sen}(\theta - \theta') = \frac{a}{d} \text{sen}\theta' \quad (4.71)$$

Como  $(\theta - \theta')$  e  $\Pi$  são ângulos muito pequenos e  $\text{sen}\theta \sim \text{sen}\theta'$  podemos escrever:

$$\theta - \theta' = \frac{a}{d} \text{sen}\theta \quad (4.72)$$

E, substituindo a (4.70) na (4.72) vem:

$$\boxed{\theta - \theta' = \Pi \text{sen}\theta} \quad (4.73)$$

A expressão (4.73) nos permite transformar a direção geocêntrica de uma estrela em heliocêntrica desde que se conheça a paralaxe anual  $\Pi$ . O maior valor de  $\Pi$  é  $0,76''$  que é a paralaxe anual da es

trela Próxima da constelação do Centauro [11]. Costuma-se desprezar a paralaxe quando  $\Pi \leq 0,01''$ . O valor de  $\Pi$  pode ser obtido do "General Catalogue of Trigonometric Stellar Parallaxes" (Jenkins 1963) na coluna "absolute" para mais de 6.000 estrelas [20].

Na figura 4.28 TE' é a direção heliocêntrica. Para se chegar à geocêntrica esta linha terá que ser deslocada na direção (TS) do Sol. Este deslocamento se dá no plano TSE. Podemos então representar a variação da posição de uma estrela, devida a paralaxe anual, na esfera celeste (fig. 4.29). OE

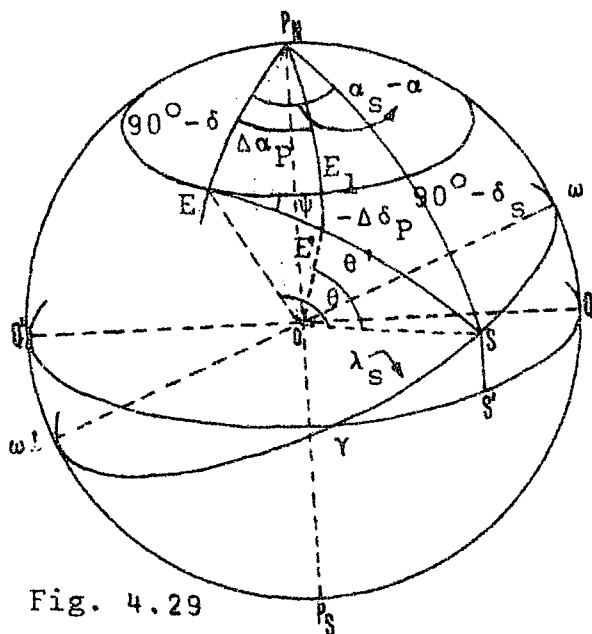


Fig. 4.29

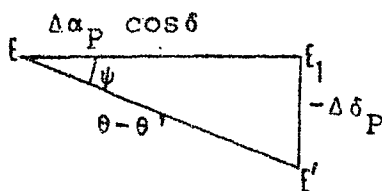


Fig. 4.30

é a direção heliocêntrica e OE' a direção geocêntrica. O triângulo esférico por ser muito pequeno em comparação com a esfera pode

ser considerado plano (fig. 4.30). O lado  $E_1E'$  é a variação em declinação devida à paralaxe. Como a declinação irá diminuir  $E_1E' = -\Delta\delta_P$ . O lado  $EE' = \theta - \theta'$  e  $EE_1 = \Delta\alpha \cos\delta$  (4.74)

Então, resolvendo o triângulo  $EE'E_1$  retângulo em  $E_1$ , vem:

$$\Delta\alpha_P \cos\delta = (\theta - \theta') \cos\psi \quad (4.75)$$

$$-\Delta\delta_P = (\theta - \theta') \sin\psi$$

Mas, substituindo  $\theta - \theta'$  nas (4.75) pelo valor obtido na (4.73) teremos:

$$\Delta\alpha_P = \Pi \sin\theta \sec\delta \cos\psi \quad (4.76)$$

$$\Delta\delta_P = -\Pi \sin\theta \sin\psi$$

Porém, não conhecemos os valores de  $\theta$  e  $\psi$ . Vamos tentar eliminá-los resolvendo o triângulo esférico  $P_NES$ . Aplicando a este triângulo a analogia dos senos teremos:

$$\sin\theta \cos\psi = \cos\delta_S \sin(\alpha_S - \alpha) \quad (4.77)$$

Aplicando ao triângulo  $P_NES$  a fórmula dos 5 elementos vem:

$$-\sin\theta \sin\psi = \cos\delta \sin\delta_S - \sin\delta \cos\delta_S \cos(\alpha_S - \alpha) \quad (4.78)$$

Desenvolvendo as funções de diferença de arcos nas (4.77) e (4.78) vem:

$$\begin{aligned} \sin\theta \cos\psi &= \cos\delta_S \sin\alpha_S \cos\alpha - \cos\delta_S \cos\alpha_S \sin\alpha \\ -\sin\theta \sin\psi &= \cos\delta \sin\delta_S - \sin\delta \cos\delta_S \cos\alpha_S \cos\alpha - \\ &-\sin\delta \cos\delta_S \sin\alpha_S \sin\alpha \end{aligned} \quad (4.79)$$

No triângulo  $\gamma SS'$  (fig. 4.30a) retângulo em  $S'$  aplicando a regra de Mauduit vem:

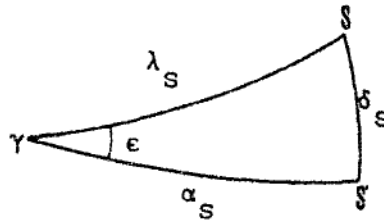


Fig. 4.30 a

$$\cos \lambda_S = \sin(90^\circ - \delta_S) \sin(90^\circ - \alpha_S)$$

ou

$$\cos \lambda_S = \cos \delta_S \cos \alpha_S \quad (4.80)$$

Aplicando novamente a mesma regra teremos:

$$\cos(90^\circ - \delta_S) = \sin \lambda_S \sin \epsilon$$

ou

$$\sin \delta_S = \sin \lambda_S \sin \epsilon \quad (4.81)$$

Aplicando ao triângulo agora a fórmula dos 5 elementos te remos:

$$\sin \lambda_S \cos \epsilon = \sin \alpha_S \cos \delta_S \quad (4.82)$$

Substituindo as expressões (4.80), (4.81) e (4.82) nas (4.79) vem:

$$\begin{aligned} \sin \theta \cos \psi &= \sin \lambda_S \cos \epsilon \cos \alpha - \cos \lambda_S \sin \alpha \\ -\sin \theta \sin \psi &= \sin \lambda_S \sin \epsilon \cos \delta - \cos \lambda_S \sin \delta \cos \alpha - \\ &- \sin \lambda_S \cos \epsilon \sin \alpha \sin \delta \end{aligned} \quad (4.83)$$

Substituindo agora, as expressões (4.83) nas (4.76) teremos:

$$\begin{aligned} \Delta \alpha_P &= \Pi(\sin \lambda_S \cos \epsilon \cos \alpha - \cos \lambda_S \sin \alpha) \sec \delta \\ \Delta \delta_P &= \Pi(\sin \lambda_S \sin \epsilon \cos \delta - \cos \lambda_S \sin \delta \cos \alpha - \\ &- \sin \lambda_S \cos \epsilon \sin \alpha \sin \delta) \end{aligned} \quad (4.84)$$

As expressões (3.36) nos dizem que:

$$Z_{1S} = \cos\delta_S \cos\alpha_S$$

$$Z_{2S} = \cos\delta_S \operatorname{sen}\alpha_S$$

$$Z_{3S} = \operatorname{sen}\delta_S$$

Portanto, comparando com as fórmulas (4.80), (4.81) e (4.82) veremos que:

$$Z_{1S} = \cos\lambda_S = X_S$$

$$Z_{2S} = \operatorname{sen}\lambda_S \cos\epsilon = Y_S$$

$$Z_{3S} = \operatorname{sen}\lambda_S \operatorname{sen}\epsilon = Z_S$$

Podemos então escrever as (4.84) com a forma:

$\Delta\alpha_P = \Pi(Y_S \cos\alpha - X_S \operatorname{sen}\alpha) \sec\delta$ $\Delta\delta_P = \Pi(Z_S \cos\delta - X_S \operatorname{sen}\delta \cos\alpha - Y_S \operatorname{sen}\alpha \operatorname{sen}\delta)$	(4.85)
---	--------

$X_S$ ,  $Y_S$ ,  $Z_S$  são as coordenadas cartesianas equatoriais do Sol. Podem ser obtidas do "American Ephemeris and Nautical Almanac" do ano corrente para 0h TE de cada dia referidas ao equador e ponto vernal médios.

As (4.84) poderão ser escritas sob a forma:

$$\Delta\alpha_P = \Pi(\operatorname{sen}\lambda_S \cos\epsilon \cos\alpha \sec\delta - \cos\lambda_S \operatorname{sen}\alpha \sec\delta)$$

$$\Delta\delta_P = \Pi[\operatorname{sen}\lambda_S \cos\epsilon(\operatorname{tg}\epsilon \cos\delta - \operatorname{sen}\delta \operatorname{sen}\alpha) - \cos\lambda_S \operatorname{sen}\delta \cos\alpha]$$
(4.86)

ou

$\Delta\alpha_P = \Pi(Y_S c - X_S d)$ $\Delta\delta_P = \Pi(Y_S c' - X_S d')$	(4.87)
---	--------

Onde  $c$ ,  $d$ ,  $c'$  e  $d'$  são os mesmos "valores da estrela" que aparecem na (4.51), relativas à aberração anual circular.

Através do cálculo matricial a transformação das coordenadas heliocêntricas em geocêntricas é feita por [29]:

$$\begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}_G = \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}_H + \begin{bmatrix} -C \operatorname{seca}/k \\ -D \operatorname{cose}/k \\ -D \operatorname{sena}/k \end{bmatrix} \Pi \quad (4.88)$$

ou

$$\begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}_G = \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}_H + B \begin{bmatrix} -C \operatorname{seca} \\ -D \operatorname{cose} \\ -D \operatorname{sena} \end{bmatrix} \Pi/k \quad (4.89)$$

onde C e D são números diários de Bessel relativos à aberração e k a constante de aberração. A (4.89) aparece com a segunda parcela do segundo membro multiplicada pela matriz B pelas mesmas razões da (4.54). Se quisermos incluir a paralaxe anual com a aberração teremos a partir das fórmulas (4.51) e (4.87):

$$\begin{aligned} \Delta\alpha &= (C + \Pi Y_s)c + (D - \Pi X_s)d \\ \Delta\delta &= (C + \Pi Y_s)c' + (D - \Pi X_s)d' \end{aligned} \quad (4.90)$$

As coordenadas verdadeiras das estrelas afetadas da aberração anual e da paralaxe anual são chamadas de coordenadas aparentes.

#### 4.5.2 - Paralaxe diária

Devido ao movimento de rotação da Terra, uma direção observada de um ponto de sua superfície a um astro estará constantemente se modificando. Devemos então redu-



zir esta direção ao centro da Terra. As coordenadas referidas a um sistema cuja origem está na superfície da Terra são chamadas coordenadas topocêntricas. Sabemos já que as referidas a um sistema cuja origem está no centro da Terra são chamadas coordenadas geocêntricas.

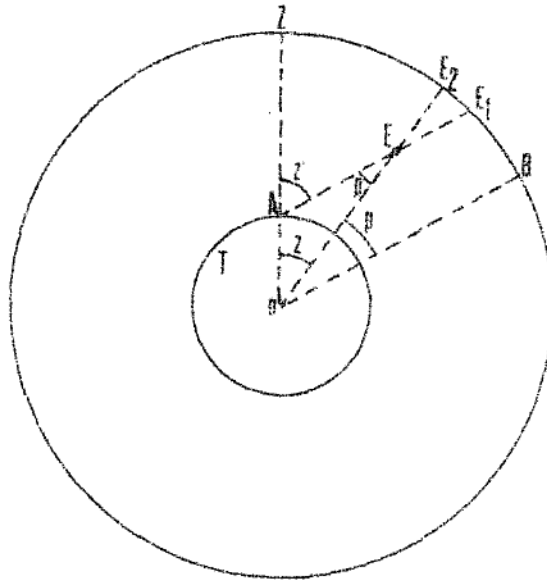


Fig. 4.31

Na (fig. 4.31) imaginemos um observador situado em um ponto A da superfície da Terra. Este observador verá a estrela E num ponto  $E_1$  da esfera celeste. A distância zenital topocêntrica da estrela E será  $Z'$ . Se este observador estivesse no centro O da Terra veria a mesma estrela E no ponto  $E_2$ . A distância zenital geocêntrica seria então Z. A diferença  $Z' - Z$  chamamos de paralaxe diária e representamo-la por p.

Então:

$$Z = Z' - p \quad (4.91)$$

Se por O tirarmos uma paralela OB a AE verificamos que  $\angle AOB = Z'$ , que  $\angle EOB = p$  e conseqüentemente  $\angle AEO = p$ .

Podemos dizer então que paralaxe diária é o ângulo segundo o qual o raio terrestre passante pelo ob-



$$P'' = \frac{r}{D \operatorname{sen} l''} \quad (4.96)$$

$$W'' = \frac{a_e}{D \operatorname{sen} l''} \quad (4.97)$$

Substituindo o valor de P da (4.96) na (4.95), vem:

$$p'' = P \operatorname{sen} Z \quad (4.98)$$

O efeito da paralaxe diária nas coordenadas uranográficas é dado por [25]:

$$\Delta \alpha_G = - p \operatorname{sen} H \operatorname{cosec} Z \cos \phi \sec \delta \quad (4.99)$$

$$\Delta \delta_G = - p (\operatorname{sen} \phi \operatorname{cosec} Z \sec \delta - \operatorname{tg} \delta \cotg Z)$$

Estas correções são normalmente aplicadas aos valores observados.

No caso de estrelas a paralaxe diária é negligenciada devida a suas grandes distâncias. Porém para o Sol e planetas devem ser consideradas nos valores observados de Z. O A.E.N.A. fornece a distância do Sol e dos planetas com as quais podemos calcular P na (4.96), ou W com a (4.97). Já para o caso da Lua não poderíamos calcular P com esta expressão pois a mesma foi deduzida supondo a Terra esférica o que não pode ser feito para a Lua devido a sua proximidade. Porém, o AENA nos fornece o valor da paralaxe horizontal equatorial para cada hora (TE) de cada dia.

No caso de satélites artificiais, as distâncias são bem menores. A paralaxe se torna bem maior e as deduções terão que ser as mais rigorosas possíveis. As coordenadas topocêntricas no sistema celeste verdadeiro do satélite são obtidas por [14]:

$$\begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}^* = \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} (N + h) \cos\phi \cos(\lambda + S_G) \\ (N + h) \cos\phi \sin(\lambda + S_G) \\ [N(1 - e^2) + h] \sin\phi \end{bmatrix} \quad (4.100)$$

Onde:

$Z^*$  são as coordenadas topocêntricas;

$Z$  são as coordenadas geocêntricas;

$\phi$ ,  $\lambda$  e  $h$  as coordenadas geodésicas do observador (latitude, longitude e altura geométrica);

$N$  é a grande normal relativa ao observador;

$e$  é a excentricidade do elipsóide;

$S_G$  é a hora sideral de Greenwich no instante da observação.

#### 4.6 - MOVIMENTO PRÓPRIO

Suponhamos que uma estrela tenha sido observada, e dessa observação foram obtidas as coordenadas unnográficas aparentes da estrela nesse instante. Suponhamos ainda que de um catálogo foram retiradas as coordenadas médias para uma determinada época dessa mesma estrela e reduzidas da precessão, nutação, aberração e paralaxe para o instante da observação. Se compararmos as duas coordenadas, observadas e reduzidas veremos que não irão coincidir. Concluimos que a posição aparente se modi

ficou. A este pequeno movimento dá-se o nome de MOVIMENTO PRÓPRIO. Tal movimento é devido ao movimento real da estrela em relação as outras e ao movimento aparente devido à mudança de posição do Sol e dos planetas (mudança de posição do sistema solar em relação às estrelas).

#### 4.6.1 - Componentes radial e transversal do movimento próprio.

Podemos decompor o movimento próprio em duas componentes: - RADIAL, isto é, a componente na direção observador-estrela e TANGENCIAL que é normal a esta direção. A componente tangencial, em segundos por ano, é designada por  $\mu$ . Esta componente por sua vez pode ser decomposta ainda em mais duas, ou seja: - componente do movimento próprio em ascensão reta  $\mu^a = \alpha_1 - \alpha$  e em declinação  $\mu^d = \delta_1 - \delta$  (variações em  $\alpha$  e  $\delta$  devidas ao movimento próprio).

#### 4.6.2 - Variação das componentes devido ao tempo.

Na (fig. 4.32) representemos a componente tangencial  $\mu$ , que de agora em diante designaremos simplesmente por "movimento próprio", entre duas épocas  $T_0$  e  $T_1$ .  $EE_1 P_N$  formam um triângulo esférico onde:

$$EP_N E_1 = \mu^a;$$

$$P_N E = 90^\circ - \delta;$$

$$P_N E_1 = 90^\circ - \delta_1;$$

$$EE_1 = \mu;$$

$$P_N EE_1 = \psi_0.$$

Tracemos por  $E_1$  uma paralela ao equador  $E_1E'$ .

$$E'E = \mu_o^d.$$

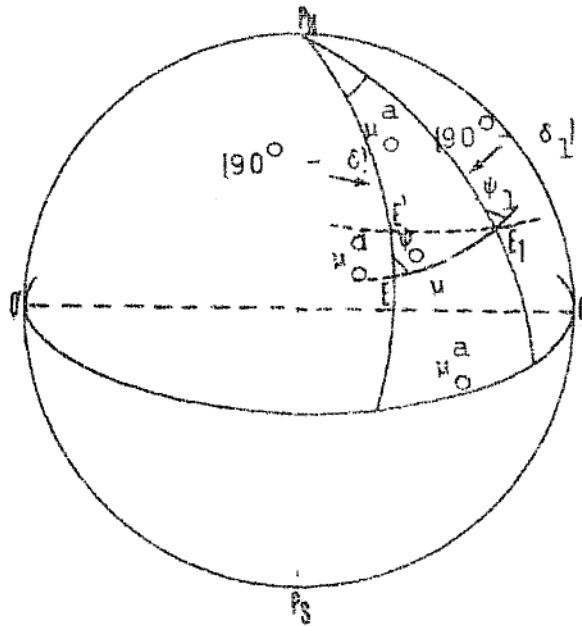


Fig. 4.32

Do triângulo  $P_NEE_1$  temos, aplicando a analogia dos senos [12]:

$$\frac{\text{sen } \mu}{\text{sen } \mu_o^a} = \frac{\text{sen}(90^\circ - \delta_1)}{\text{sen } \psi_0}.$$

Como  $\mu$  e  $\mu_o^a$  são valores muito pequenos e  $\delta$  muito próximo de  $\delta_1$  podemos escrever:

$$\frac{\mu}{\mu_o^a} = \frac{\cos \delta}{\text{sen } \psi_0} \quad \boxed{\mu_o^a = \mu \text{ sen } \psi_0 \text{ sec } \delta} \quad (4.101)$$

A figura  $EE_1E'$  pode ser assimilada a um triângulo plano retângulo em  $E'$ ; então:

$$\boxed{\mu_o^d = \mu \cos \psi_0} \quad (4.102)$$

As expressões (4.101) e (4.102) nos

fornecem os valores das componentes do movimento próprio na época  $T_1$ .

Similarmente se considerarmos uma época  $T_2$ , isto é, uma época em que a estrela se encontre na posição  $E_2$ , mas referida ao mesmo sistema de referência ( $\gamma_0$  e  $P_{N0}$ ), devido ao movimento próprio encontraremos:

$$\begin{aligned} \mu_1^a &= \mu \operatorname{sen} \psi_1 \operatorname{sec} \delta \\ \mu_1^d &= \mu \operatorname{cos} \psi_1 \end{aligned} \tag{4.103}$$

É fácil notar que  $\psi_0$  e  $\psi_1$  são ângulos diferentes, portanto concluímos que  $\mu_0^a \neq \mu_1^a$  e  $\mu_0^d \neq \mu_1^d$ . Porém, como  $\mu$  é muito pequeno, durante alguns anos  $\mu_0^a$  e  $\mu_0^d$  permanecem praticamente iguais a  $\mu_1^a$  e  $\mu_1^d$  respectivamente. Entretanto, em cálculos rigorosos isto precisa ser levado em consideração.

A variação nas componentes entre épocas  $T_1$  e  $T_0$  é dada por [25]:

$$\begin{aligned} \Delta \mu_1^a &= \mu_1^a - \mu_0^a = 2(T_1 - T_0) \mu_0^a \mu_0^d \operatorname{tg} \delta \\ \Delta \mu_1^d &= \mu_1^d - \mu_0^d = - (T_1 - T_0) (\mu_0^a)^2 \operatorname{sen} \delta \operatorname{cos} \delta \end{aligned} \tag{4.104}$$

A componente radial do movimento próprio pode trazer pequenas variações com o tempo nas componentes do movimento próprio. A estrela estará se afastando ou aproximando do observador. Isto faz com que a sua projeção na esfera celeste na direção Sol-estrela se altere e portanto altera a sua paralaxe.

A combinação dos efeitos tangencial e radial nas componentes do movimento próprio com o tempo são dados por [29]:

$$\Delta\mu_1^a = \mu_1^a - \mu_0^a = 2(T_1 - T_0) \left( \mu_0^a \mu_0^d \operatorname{tg} \delta_0 - \frac{\pi n V \mu_0^a \operatorname{sen} 1''}{a} \right)$$

$$\Delta\mu_1^d = \mu_1^d - \mu_0^d = -(T_1 - T_0) \left[ (\mu_0^a)^2 \operatorname{sen} \delta_0 \cos \delta_0 + \frac{2\pi n V \mu_0^d \operatorname{sen} 1''}{a} \right]$$

(4.105)

Onde:

$\pi$  é a paralaxe anual em segundos de arco;

$n$  é o número de segundos ( $3,156 \times 10^7$ ) em um ano;

$V$  é a velocidade radial em km/s;

$a$  é o raio da órbita terrestre ( $1,495 \times 10^8$  km).

O valor numérico de  $\frac{2\pi n \operatorname{sen} 1''}{a}$  é  $2,047 \times 10^{-6}$ .

O valor de  $V$  pode ser obtido do "Catalogue of Bright Stars" (Dorrit Hoffleit 1962) [18] na coluna "Velocidade radial" em km/s.

$V$  será positivo se a estrela estiver se afastando e negativo se estiver se aproximando. Infelizmente nem sempre pode-se obter  $V$ . Como  $V$  é multiplicado por  $\pi$ , algumas vezes tem-se  $V$  e não se tem  $\pi$  ou vice-versa, o que torna impossível a obtenção do produto  $\pi V$  portanto tem que ser desprezado.

#### 4.6.3 - Variação das componentes devido à precessão.

A componente tangencial do movimento próprio ou, como já dissemos, o "movimento próprio" não varia



com o variar do sistema de coordenadas, porém suas componentes variam. Podemos ilustrar este fato com a (fig. 4.33):

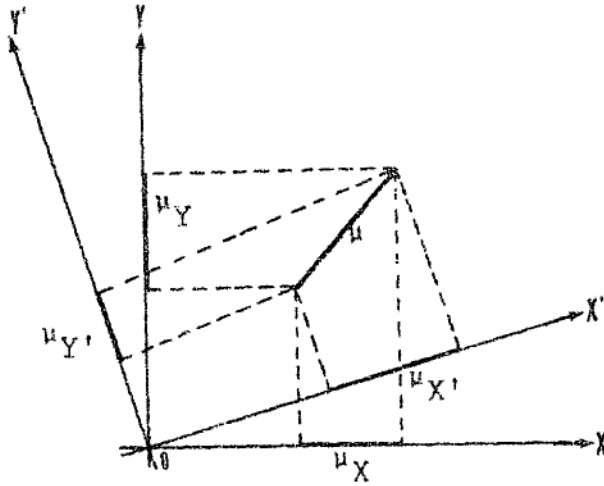


Fig. 4.33

As componentes de  $\mu$  segundo os eixos  $X$  e  $Y$  são  $\mu_X$  e  $\mu_Y$  e segundo os eixos  $X'$  e  $Y'$  são  $\mu_{X'}$  e  $\mu_{Y'}$ , diferentes de  $\mu_X$  e  $\mu_Y$  respectivamente, embora  $\mu$  seja um só. De maneira semelhante, as componentes do movimento próprio em ascensão reta e em declinação sofrem variação devido à precessão, que nada mais é do que uma mudança no sistema de coordenadas no intervalo  $T - T_0$ .

Tais variações são obtidas pelas expressões [25]:

$$\Delta \mu^a = \mu^a - \mu_0^a = \bar{n}(T - T_0)(\mu_0^a \cos \alpha_0 \operatorname{tg} \delta_0 + \mu_0^d \operatorname{sen} \alpha_0 \sec^2 \delta_0) \quad (4.106)$$

$$\Delta \mu^d = \mu^d - \mu_0^d = -\bar{n}(T - T_0) \mu_0^a \operatorname{sen} \alpha_0$$

onde  $\bar{n}$  é a componente da precessão geral em declinação calculada para a época média entre  $T_0$  e  $T$ :

$$\bar{n} = \psi^1 \operatorname{sen} \varepsilon_1 = 1,33646s - 0,00057t = 20,0468'' - 0,0085t$$

onde

$$t = \frac{T_0 + T}{2} - 1900,0 \text{ (em séculos).}$$

4.6.4 - Efeito conjunto da variação das componentes do movimento próprio devido ao tempo e à precessão.

Superpondo os efeitos do tempo e da precessão teremos, a partir da (4.104) e (4.106):

$$\begin{aligned} \mu_a &= \mu_0^a + \left[ 2\mu_0^a \mu_0^d \operatorname{tg} \delta_0 + \bar{n}(\mu_0^a \operatorname{tg} \delta_0 \operatorname{cosec} \alpha_0 + \right. \\ &\quad \left. + \mu_0^d \operatorname{sen} \alpha_0 \operatorname{sec}^2 \delta_0) \right] (T - T_0) \\ \mu_d &= \mu_0^d - \left[ (\mu_0^a)^2 \operatorname{sen} \delta_0 \operatorname{cosec} \delta_0 + \bar{n} \mu_0^a \operatorname{sen} \alpha_0 \right] (T - T_0) \end{aligned} \quad (4.107)$$

ou se tivermos em mãos os valores de  $V$  e de  $\Pi$  a partir da (4.105) e (4.106):

$$\begin{aligned}
\mu_a &= \mu_o^a + \left[ 2\mu_o^a \cdot \mu_o^d \operatorname{tg} \delta_o - \frac{2\pi n V \mu_o^a \operatorname{sen} 1''}{a} + \right. \\
&\quad \left. + \bar{n}(\mu_o^a \operatorname{tg} \delta_o \cos \alpha_o + \mu_o^d \operatorname{sen} \alpha_o \sec^2 \delta_o) \right] (T - T_o) \\
\mu_d &= \mu_o^d - \left[ (\mu_o^a)^2 \operatorname{sen} \delta_o \cos \delta_o + \frac{2\pi n V \mu_o^d \operatorname{sen} 1''}{a} + \right. \\
&\quad \left. + \bar{n} \mu_o^a \operatorname{sen} \alpha_o \right] (T - T_o)
\end{aligned}
\tag{4.108}$$

Na prática obtêm-se as componentes  $\mu_o^a$  e  $\mu_o^d$  do catálogo para a época  $T_o$ . Com as expressões (4.107) ou (4.108) calcula-se  $\mu^a$  e  $\mu^d$  para a época da observação. O valor adotado para o cálculo da ascensão reta e da declinação corrigidos do movimento próprio na época  $T$  é a média aritmética das respectivas componentes nas épocas  $T_o$  e  $T$ :

$$\begin{aligned}
\alpha_{MP} &= \alpha_o + \frac{1}{2}(\mu_o^a + \mu^a)(T - T_o) = \alpha_o + \left(\mu_o^a + \frac{\Delta\mu^a}{2}\right)(T - T_o) \\
\delta_{MP} &= \delta_o + \frac{1}{2}(\mu_o^d + \mu^d)(T - T_o) = \delta_o + \left(\mu_o^d + \frac{\Delta\mu^d}{2}\right)(T - T_o)
\end{aligned}
\tag{4.109}$$

Estes cálculos poderão ser efetuados em séries [25], as quais não apresentamos aqui por serem expressões bastante longas e pouco utilizadas.

4.6.5 - Efeito do movimento próprio por matrizes de rotação.

Por matrizes de rotação, as coordenadas retilíneas uranográficas corrigidas do movimento próprio no intervalo  $T - T_0$ , referidas ao sistema da época  $T_0$  são dadas por:

$$\begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}_{\alpha_{MP}, \delta_{MP}} = M \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}_{\alpha_0, \delta_0} \quad (4.110)$$

onde [25]:

$$M = R_3(-\alpha_0)R_2(\delta_0 - 90^\circ)R_3(\psi_0)R_2(\mu t)R_3(-\psi_0)R_2(90^\circ - \delta_0)R_3(\alpha_0) \quad (4.111)$$

O segundo membro da (4.110) desenvolvido nos dará:

$$M \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{sen}\delta_0 \text{cos}\alpha_0 & -\text{sen}\alpha_0 & \text{cos}\delta_0 \text{cos}\alpha_0 \\ \text{sen}\delta_0 \text{sen}\alpha_0 & \text{cos}\alpha_0 & \text{cos}\delta_0 \text{sen}\alpha_0 \\ -\text{cos}\delta_0 & 0 & \text{sen}\delta_0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -\text{cos}\psi_0 \text{sen}\mu t \\ \text{sen}\psi_0 \text{sen}\mu t \\ \text{cos}\mu t \end{bmatrix} \quad (4.112)$$

onde:

$$T - T_0 = t;$$

$$\mu = \mu' + \frac{1}{2} \frac{d\mu}{dt} t ; \quad (4.112a)$$

$$\mu' = \sqrt{(\mu_0^a \cos \delta_0)^2 + (\mu_0^d)^2} ; \quad (4.112b)$$

$$\frac{d\mu}{dt} = - \frac{2\pi V \mu' n \text{ sen } 1''}{a} = - 2,047\pi V \mu' \times 10^{-6} \quad (4.112c)$$

$$\text{sen} \psi_0 = \frac{\mu_0^a \cos \delta_0}{\mu} ; \quad \text{cos} \psi_0 = \frac{\mu_0^d}{\mu} \quad (4.112d)$$

É evidente que quando não se conhece  $\pi$  ou  $V$ ,  $\mu = \mu'$ .

Lembramos que  $\mu_0^a$  é fornecido pelos catálogos em segundos de tempo. Deverá então ser multiplicado por 15 para se ter em segundos de arco, quando forem utilizadas as expressões acima.

#### 4.7 - REFRAÇÃO

Sabemos que a Terra é envolvida por uma camada gasosa denominada atmosfera. Tal camada vai se rarefazendo a medida que nos afastamos da superfície de nosso planeta, isto é, sua densidade diminui a medida que ganhamos altura.

Sabemos também da Física que um raio luminoso que passa de um meio menos denso para um mais denso se aproxima da normal.

Como a luz emanada de um astro atravessa o vácuo e entra em nossa atmosfera cuja densidade vai aumentando a medida que estes raios luminosos se aproximam de nós é

evidente que tais raios sofrerão um desvio. Veremos então o astro em uma posição falsa.

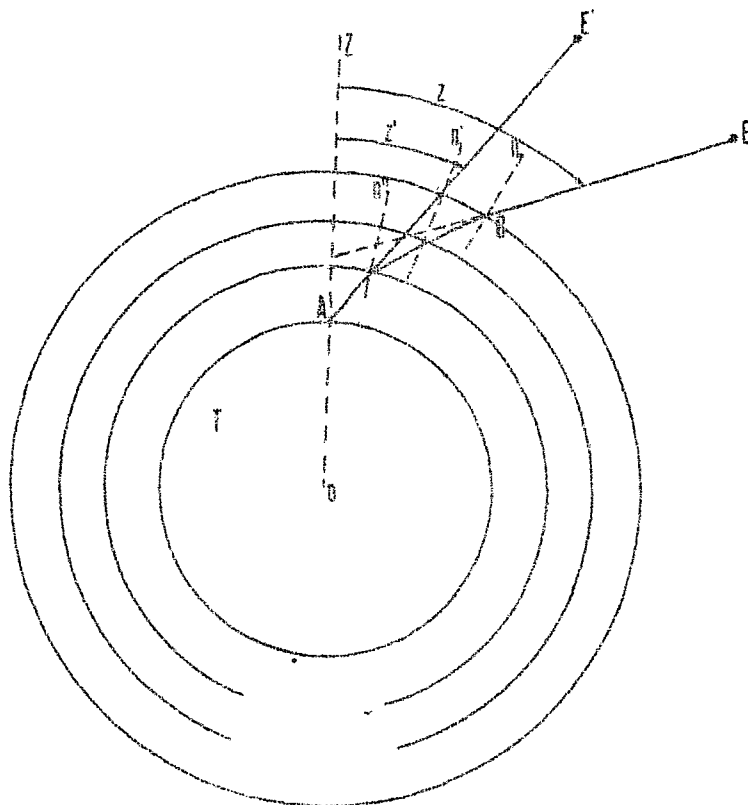


Fig. 4.34

Imaginemos a Terra esférica e coberta pela atmosfera dividida em várias camadas de densidades diferentes (fig. 4.34). O raio luminoso proveniente de um astro E irá se aproximar da normal  $n$ . Ao atingir a 2ª camada se aproximará da normal  $n'$  e assim sucessivamente até atingir o ponto A onde se encontra o observador. Como estas camadas são infinitas, de espessura infinitesimal, a poligonal que o raio luminoso descreve de B até A se transforma em uma curva. A tangente a esta curva no ponto A materializa a direção em que o observador vê o astro na posição falsa E'. Concluimos então que a refração "levanta o astro".

A distância zenital verdadeira será então:

$$Z = Z' + R$$

Onde  $R$  é o ângulo de refração e  $Z'$  é a distância zenital aparente.

A refração será chamada de refração astronômica  $R_A$  quando o objeto estiver fora dos limites da atmosfera. Quando o objeto estiver dentro da atmosfera (caso da maioria dos satélites artificiais) a refração será chamada de refração atmosférica  $R_a$ . A diferença entre as duas (fig. 4.35) chama-se refração diferencial  $\Delta R$ . Uma estrela situada em E (no infinito) e um satélite em S seriam vistos na mesma direção  $AE' = AS'$ .

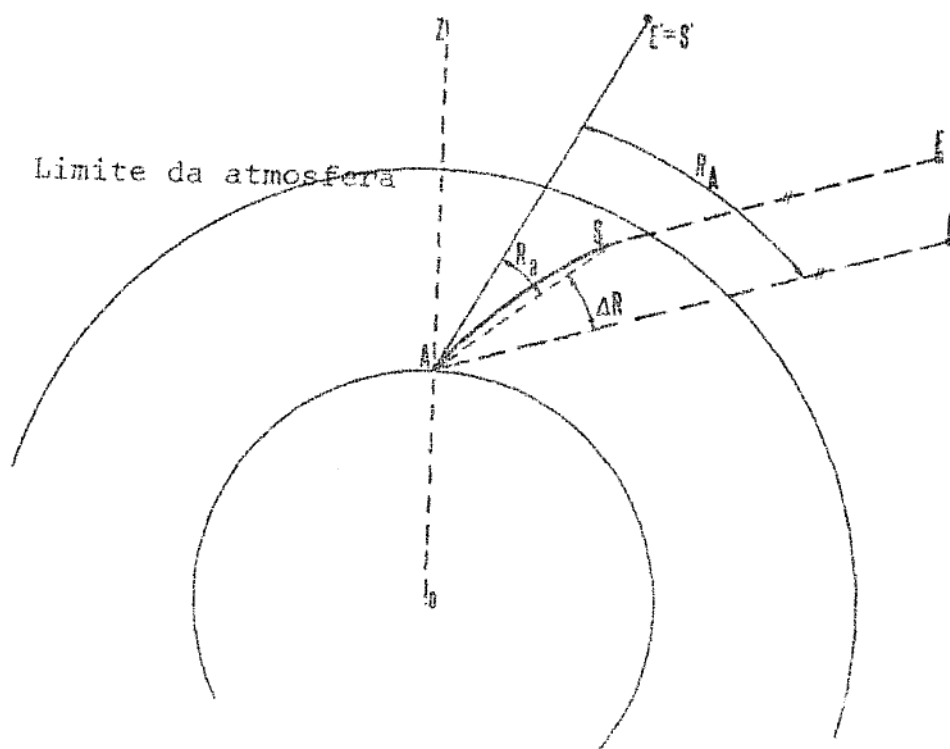


Fig. 4.35

A refração astronômica é dada pela expressão [30]:

$$R_A = Z - Z' = \rho n_0 \operatorname{sen} Z' \int_1^{n_0} \frac{dn}{n \sqrt{(s^2 n^2 - \rho^2 \operatorname{sen}^2 Z')}} \quad (4.113)$$

onde:

$\rho$  = é a distância do centro da Terra ao observador;

$n$  = índice de refração da atmosfera (genérico);

$s$  = distância do centro da Terra ao ponto da trajetória onde o índice de refração é  $n$ ;

$n_0$  = índice de refração da atmosfera no local do observador.

A (4.113) é de difícil integração pois não se conhece a lei que relaciona a variação da densidade do ar com a distância zenital, além do que envolve duas variáveis  $n$  e  $r$ .

Uma das maneiras para se expressar o valor do ângulo de refração  $R_A$  é através de uma série de potências ímpares de  $Z'$ :

$$R_A = A \operatorname{tg} Z' - B \operatorname{tg}^3 Z' + C \operatorname{tg}^5 Z' - \dots \quad (4.114)$$

sendo,  $A, B, C, \dots$  coeficientes que dependem do estado físico da atmosfera. Estes valores podem ser calculados para certas atmosferas padrão. Em astronomia geodésica se  $Z' < 70^\circ$  pode-se usar apenas o 1º termo.

$$R_A = A \operatorname{tg} Z' \quad (4.115)$$

Para uma atmosfera padrão cuja pressão é de 760 mm de mercúrio, temperatura  $0^\circ\text{C}$ , latitude  $45^\circ$ , tensão do vapor de água 6 mm, temos: (valor de BAUSHINGER)

$$R_A = R_N = 60,154'' \operatorname{tg} Z' \quad (4.116)$$

Neste caso a refração atmosférica é chamada de refração atmosférica normal. Os valores de  $R_N$  podem



ser tabelados para diversos valores de  $Z'$ .

A refração astronômica para uma atmosfera que não à padrão será [11]:

$$R_A = R_N \frac{p t_o}{p_o t} \quad (4.117)$$

onde:

$p_o$  = pressão atmosférica da atmosfera padrão;

$t_o$  = temperatura da atmosfera padrão;

$p, t$  = pressão atmosférica e temperatura da atmosfera no momento da observação respectivamente.

Chamemos  $\frac{p}{p_o} = f_p$  (fator de pressão) e  $\frac{t_o}{t} = f_t$  (fator de temperatura). Os valores de  $f_p$  e  $f_t$  poderão também ser tabelados.

Existem várias tabelas que nos dão  $R_N, f_p$  e  $f_t$ . Podemos citar as tabelas 4.8, 4.9 e 4.10 de [25], onde  $R_N$  é dado para  $t_o = 10^\circ\text{C}$ ,  $p_o = 760$  mm Hg e umidade relativa do ar 60% e  $f_p = \frac{p}{760}$  e  $f_t = 283(273 + t)$ .

Os anuários do Observatório Nacional do Rio de Janeiro [04] e do Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo [03] contém tabelas de  $R_N, f_p$  e  $f_t$ .

Podemos encontrar  $f_p$  e  $f_t$  em tabelas de dupla entrada onde  $f_p \times f_t = f_{pt}$  (fator de temperatura e pressão) como é o caso das tabelas contidas em [15].

Para distâncias zenitais maiores que  $70^\circ$  [15] contém uma tabela que fornece um termo corretivo a  $R_A$  obtido pela (4.117) (para  $70^\circ < Z < 80^\circ$ ).

Normalmente a correção devida à refração é somada à distância zenital observada do astro. Porém em alguns casos poderá ser aplicada à ascensão reta e decli-

nação. As expressões abaixo nos conduzem a estas correções [24]:

$$\Delta\alpha_R = \alpha^* - \alpha' = -R_A \sec\delta^* \operatorname{sen} Q \quad (4.118)$$

$$\Delta\delta_R = \delta^* - \delta' = -R_A \cos Q^*$$

onde  $Q$  é o ângulo paralático e os valores com asterisco são topo cêntricos (origem do sistema de coordenadas na superfície da Terra) e os valores com linha são valores observados.

Se aplicarmos ao triângulo de posição (fig. 4.36) a fórmula dos 4 elementos e da analogia dos senos teremos:

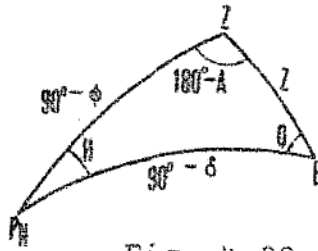


Fig. 4.36

$$\cos Q = \operatorname{sen}\phi \sec\delta \operatorname{co-sec} Z - \operatorname{tg}\delta \operatorname{cotg} Z \quad (4.119)$$

$$\operatorname{sen} Q = \cos\phi \operatorname{sen} H \operatorname{co-sec} Z \quad (4.120)$$

Substituindo as (4.119) e (4.120)

nas (4.118) vem:

$\Delta\alpha_R = -R_A \sec\delta^* \cos\phi^* \operatorname{sen} H^* \operatorname{co-sec} Z'$ $\Delta\delta_R = -R_A (\operatorname{sen}\phi^* \sec\delta^* \operatorname{co-sec} Z' - \operatorname{tg}\delta^* \operatorname{cotg} Z')$	(4.121)
---	---------

Nos casos de Geodésia Celeste onde se determinam as coordenadas de um satélite artificial através de coordenadas de estrelas, pois o satélite aparece em fotografias juntamente com o fundo estrelado, nos interessa a refração diferencial, isto é, a diferença entre a refração das estrelas e

do satélite que se encontra dentro da atmosfera.

Uma das fórmulas que nos permite calcular esta refração diferencial é a de Schmidt [14]:

$$\Delta R = \frac{2,2476 \operatorname{tg} Z' f_{pt}}{(H - h) \operatorname{sen} 1''} \quad (4.122)$$

onde H é a distância topocêntrica do satélite (ao longo da direção do satélite) e h a altitude do observador.

Encontramos em [14] e em [24] tabelas que nos dão a refração astronômica, a refração atmosférica e a refração diferencial em função da distância zenital e da altura do satélite.

Baseados no que vimos neste capítulo podemos então construir o quadro resumo abaixo:

DESIGNAÇÃO	CONTEÚDO	ORIGEM	SISTEMA
POSIÇÃO MÉDIA	PRECESSÃO, MOVIMENTO PRÓPRIO, TERMOS EM E DA ABERRAÇÃO ANUAL.	HELIOCÊNTRICO	SIDERAL MÉDIO
POSIÇÃO VERDADEIRA	POSIÇÃO MÉDIA + NUTAÇÃO	HELIOCÊNTRICO	SIDERAL VERDADEIRO
POSIÇÃO APARENTE	POSIÇÃO VERDADEIRA + ABERRAÇÃO CIRCULAR ANUAL + PARALAXE ANUAL	GEOCÊNTRICO	SIDERAL VERDADEIRO
POSIÇÃO OBSERVADA	POSIÇÃO APARENTE + ABERRAÇÃO DIÁRIA + PARALAXE DIÁRIA + REFRAÇÃO	TOPOCÊNTRICO	SIDERAL VERDADEIRO

#### 4.8 - MOVIMENTO DO POLO

Além do movimento do eixo de rotação da Terra (precessão e nutação) que arrasta consigo o globo terrestre, existe um movimento da Terra em relação a seu eixo, que ocasiona um deslocamento de um ponto fixo na crosta terrestre em relação ao polo verdadeiro instantâneo. Ou invertendo o raciocínio, podemos dizer que há um movimento do polo em relação a um ponto fixo da superfície terrestre. A tal fenômeno dá-se o nome de MOVIMENTO DO POLO, e é devido, entre outras causas, à variação de distribuição de massas da Terra que ocasionam variações no seu eixo principal de inércia.

O órgão encarregado de estudar tal movimento é o IPMS (Serviço Internacional do Movimento do Polo), conforme resolução da XII Assembléia Geral da União Astronômica Internacional (IAU) em 1962. Sua sede está localizada no Observatório de Mizusawa, Japão. O IPMS resultou da reorganização do ILS (Serviço Internacional da Latitude) estabelecido em 1899, e mantém cinco estações localizadas aproximadamente na mesma latitude ( $30^{\circ} 08' N$ ). Estas estações são de Carloforte (Italia) , Kitab (URSS), Gaithersburg, (Maryland) e Ukiah, (California) (USA), encarregadas da determinação do movimento do polo através de determinações da latitude.

Também o "Bureau International de L'Heure" (BIH) se preocupa com o movimento do polo, obtendo valores determinados da latitude de estações astronômicas espalhadas pelo mundo.

A posição do polo norte verdadeiro (instantâneo) em relação a um ponto fixo é determinada por um par de coordenadas cartesianas ortogonais  $X_p$  e  $Y_p$ , cuja origem é esse ponto fixo. Na Assembléia Geral da União Geodésica e Geofísica

sica Internacional realizada em Helsinki em 1960 ficou decidido que a origem de tal sistema de coordenadas seria a posição média do polo celeste verdadeiro durante o período de 1900 a 1905 ou seja 1903. É conhecido por CIO (Origem Convencional Internacional). O eixo X está orientado na direção do meridiano médio de Greenwich ( $L = 0^\circ$ ) e o eixo Y na direção oeste ( $L = 270^\circ$ ) (fig. 4.37).

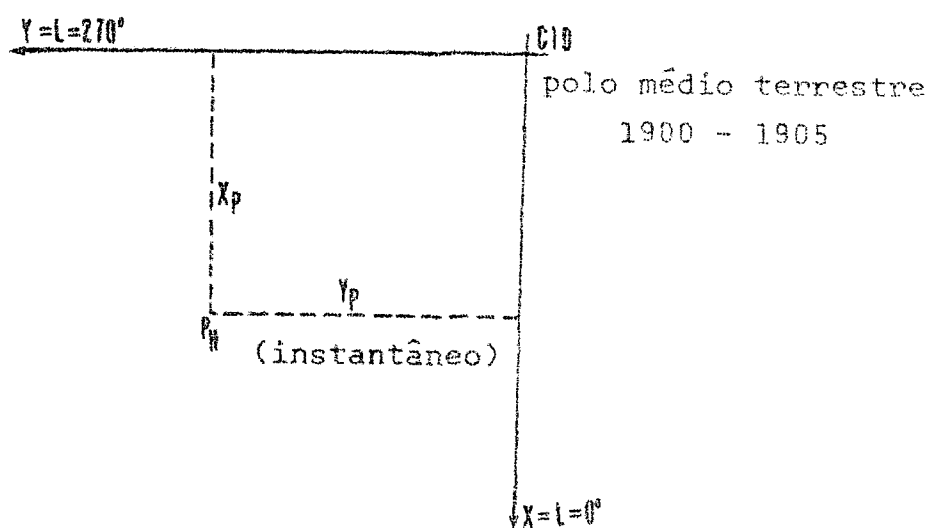


Fig. 4.37

Valores preliminares de  $X_p$  e  $Y_p$  são fornecidos pelo IPMS através de suas "Notas mensais" com dois meses de atraso em unidades de  $0,001''$ , para intervalos de  $0,05$  anos. A partir de Julho de 1973 são fornecidos também os valores de  $X_p$  e  $Y_p$  ( $X_1$  e  $Y_1$ ) referidos a origem de 1968,0 cujas coordenadas em relação ao CIO são:

$$X_0 = + 0,017'' \quad \text{e} \quad Y_0 = + 0,243'' \quad [23].$$

Os valores finais de  $X_p$  e  $Y_p$  podem ser obtidos para o ano todo em intervalos de  $0,05$  anos nos relatórios anuais do SIMP publicados normalmente dois anos mais tarde [02].

A circular B/C do BIH fornece valores também preliminares de  $X_p$  e  $Y_p$  com cerca de 2 semanas de atraso e valores extrapolados para os dez dias seguintes.

A circular D do BIH publica os valores finais de 5 em 5 dias com dois meses de atraso [08]. Esses valores são reproduzidos para todo o ano anterior no relatório anual do BIH [01].

Do que vimos atrás concluimos que um ponto localizado na superfície da Terra e referido a um sistema cartesiano ortogonal cuja origem é o centro da Terra e o eixo (3) está dirigido para o polo norte verdadeiro (instantâneo) está constantemente variando. Este sistema será sideral verdadeiro se o eixo (1) estiver dirigido para o ponto vernal verdadeiro e será terrestre instantâneo se o eixo (1) estiver dirigido para o ponto de interseção do meridiano médio de Greenwich com o equador celeste verdadeiro (instantâneo). Ambos devem ser de orientação dextrogiro [13] (fig. 4.38):

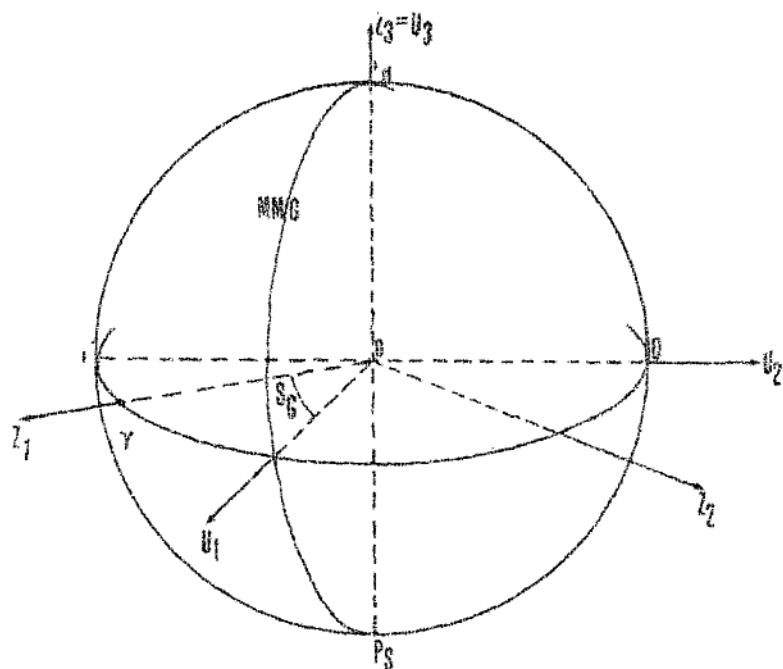


Fig. 4.38

Aliás já tratamos destes sistemas Z (coordenadas uranográficas  $\alpha$  e  $\delta$ ) e U (coordenadas geográficas  $\phi$  e L) respectivamente nos itens 2.4 e 2.7. Transformamos as coordenadas de um sistema para o outro através das expressões:

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{bmatrix}_V = R_3(S_G)_A \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}_V \quad (4.123)$$

$$\begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}_V = R_3(-S_G)_A \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{bmatrix}_V \quad (4.124)$$

onde  $(S_G)_A$  é a hora sideral aparente de Greenwich.

Se agora, nestes mesmos sistemas o eixo (3) estiver dirigido para o polo norte terrestre médio (CIO) e o plano que contém os eixos (1) e (2) for o equador celeste médio estes sistemas serão ditos sistemas sideral médio ou terrestre médio, respectivamente se o eixo (1) estiver dirigido para o ponto vernal médio ou for paralelo ao meridiano médio de Greenwich. No sistema terrestre médio as coordenadas de um ponto da superfície terrestre são invariáveis, a não ser que haja movimentos da crosta [13].

A transformação destes dois sistemas será feita por expressões análogas às (4.123):

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{bmatrix} = R_3(S_G)_M \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix} \text{ ou } \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix} = R_3(-S_G)_M \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{bmatrix} \quad (4.125)$$

Na (fig. 4.39) representemos os sistemas terrestre verdadeiro e terrestre médio:

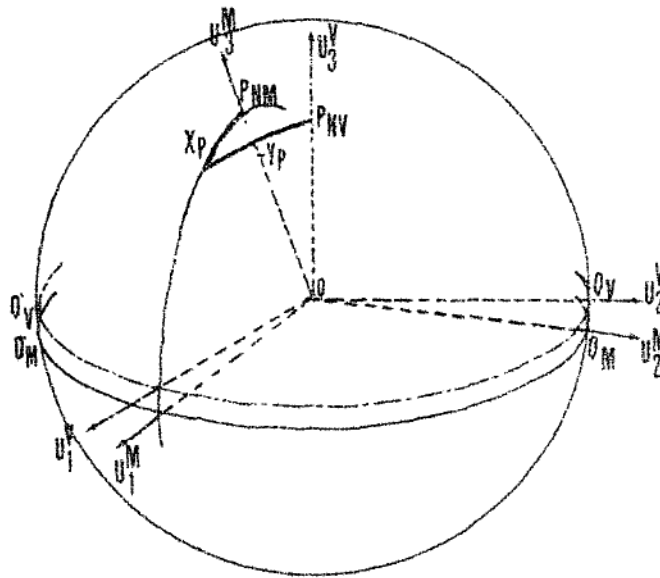


Fig. 4.39

Para transformarmos o sistema terrestre verdadeiro no terrestre médio teremos que dar uma rotação positiva em torno do eixo (1) de  $-Y_p$  (na fig. 4.37 vemos a razão de  $Y_p$  ser negativo) ou seja  $R_1(-Y_p)$  e uma rotação negativa em torno do eixo (2) de  $X_p$  ou seja  $R_2(-X_p)$ . Então:

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{bmatrix}_M = R_2(-X_p) R_1(-Y_p) \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{bmatrix}_V \quad (4.126)$$

e



$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{bmatrix}_V = R_2(X_p) R_1(Y_p) \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{bmatrix}_M \quad (4.127)$$

Para transformarmos as coordenadas referidas ao sistema sideral verdadeiro em coordenadas referidas ao sistema terrestre médio usaremos a (4.123) e a (4.126). Donde:

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{bmatrix}_M = R_2(-X_p) R_1(-Y_p) R_3(S_G)_A \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}_V \quad (4.128)$$

Fazendo  $S = R_2(-X_p) R_1(-Y_p) R_3(S_G)_A$ , teremos:

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{bmatrix}_M = S \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}_V \quad (4.129)$$

Se tivermos as coordenadas siderais médias em uma época (por exemplo 1950,0) e quizermos as coordenadas terrestres médias em uma outra época teremos:

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{bmatrix}_M^T = SNP \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}_M^0 \quad (4.130)$$

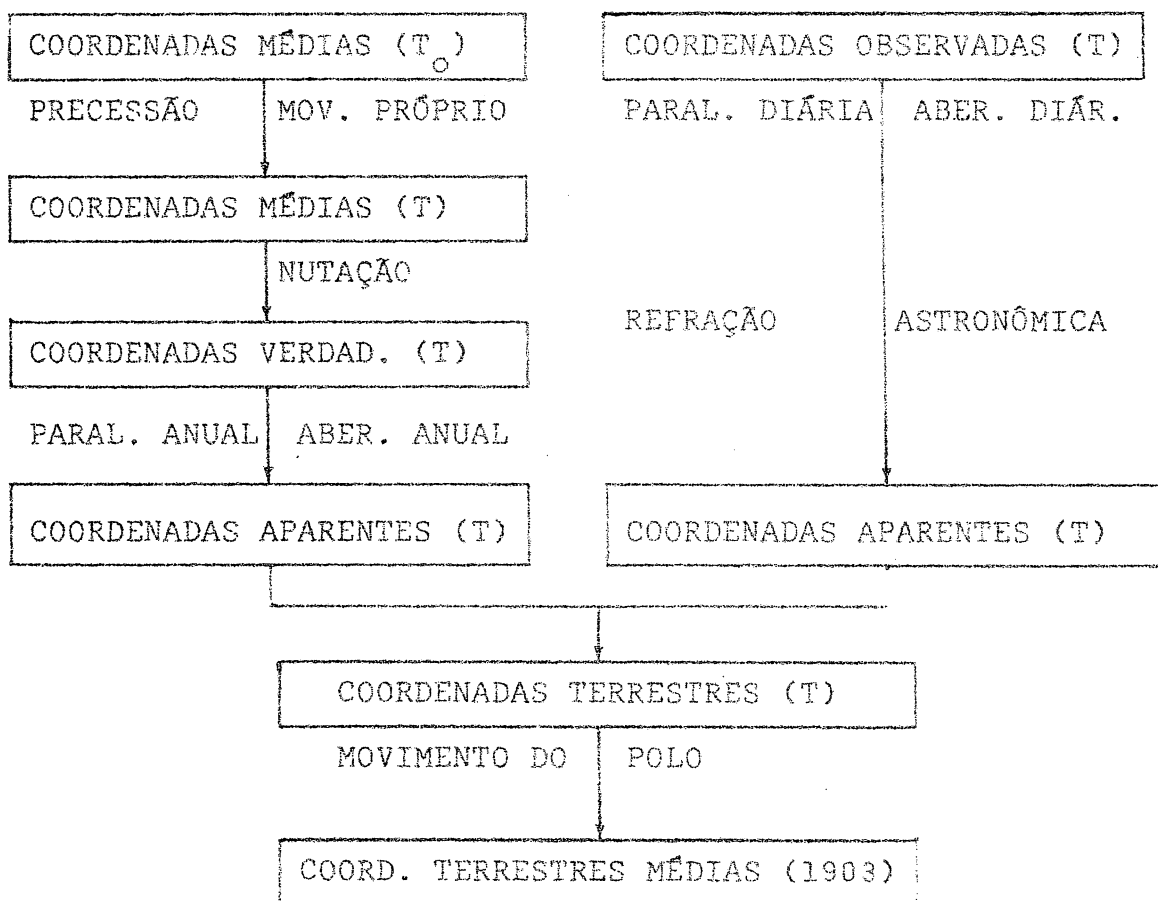
As determinações astronômicas das coordenadas geográficas (latitude e longitude) de um ponto da superfície terrestre e do azimute de uma direção são feitas relativamente a um sistema terrestre verdadeiro, pois as estrelas observadas estão referidas a um sistema sideral verdadeiro. Estas coordenadas devem ser referidas ao sistema terrestre médio a fim de que não sofram variações com o tempo. Estas transformações são feitas com a (4.126). Desenvolvendo a (4.126) e fazendo algumas simplificações sem prejuízo da precisão requerida teremos [25]:

$$\begin{aligned}
 \Delta\phi_p &= \phi_M - \phi_V = Y_p \operatorname{sen} L_V - X_p \operatorname{cos} L_V \\
 \Delta L_p &= L_M - L_V = -(X_p \operatorname{sen} L_V + Y_p \operatorname{cos} L_V) \operatorname{tg} \phi_V \\
 \Delta A_p &= A_M - A_V = -(X_p \operatorname{sen} L_V + Y_p \operatorname{cos} L_V) \operatorname{sec} \phi_V
 \end{aligned}
 \tag{4.131}$$

onde  $\Delta\phi_p$ ,  $\Delta L_p$ ,  $\Delta A_p$  são os valores que devem ser somados aos valores observados  $\phi_V$ ,  $L_V$  e  $A_V$  para se ter os valores médios  $\phi_M$ ,  $L_M$  e  $A_M$ .

#### 4.9 - CÁLCULO DE UMA POSIÇÃO APARENTE

O cálculo das coordenadas terrestres na época (T) para posterior transformação em coordenadas terrestres médias é feito a partir das coordenadas aparentes obtidas a partir de catálogos e pela observação:



As coordenadas aparentes são obtidas através da solução clássica (redução ao dia e ao ano) ou por cálculo matricial.

#### 4.9.1 - Solução clássica

Podemos dividir a solução clássica em duas partes.

A primeira consiste em, partindo das coordenadas médias da época  $T_0$ , chegar às coordenadas médias da época  $T'$ , início ou fim do ano da observação, conforme esta tenha sido efetuada na primeira ou segunda metade do ano. Tal transformação é conhecida como REDUÇÃO AO ANO e envolve cálculo da precessão geral e do movimento próprio.

Esta redução é feita pelas (4.10), Séries de Taylor:

$$\alpha_{T'} = \alpha_0 + VA_\alpha (T' - T_0) + \frac{VS_\alpha}{200} (T' - T_0)^2 + \frac{39t_\alpha}{10^6} (T' - T_0)^3$$

$$\delta_{T'} = \delta_0 + VA_\delta (T' - T_0) + \frac{VS_\delta}{200} (T' - T_0)^2 + \frac{39t_\delta}{10^6} (T' - T_0)^3$$

(4.132)

No General Catalogue (B. Boss) [06] obtêm-se  $\alpha_0$ ,  $\delta_0$  para 1950,0 e  $VA_\alpha$ ,  $VS_\alpha$ ,  $39t_\alpha$ ,  $VA_\delta$ ,  $VS_\delta$  e  $39t_\delta$  nos quais está incluído o movimento próprio.  $T_0$  será então 1950,0.  $T'$  será início do ano da observação se esta estiver sido efetuado até o dia 30 de junho, ou o fim do ano, se tiver sido efetuada depois dessa data.

A segunda parte da solução clássica chamada de REDUÇÃO AO DIA, consiste em, a partir das coordenadas médias da época  $T'$  (início ou fim do ano) calcular as coordenadas aparentes da época da observação  $T$ . Para tal usamos os números diários de Bessel (4.22), (4.23), (4.24) e (4.25) ou os números diários independentes (4.25a) e (4.26).

a) Números diários de Bessel.

Usamos então as (4.24), as (4.51) (aberração circular anual), o movimento próprio e os termos  $J \operatorname{tg}^2 \delta_{T'}$ , e  $J' \operatorname{tg} \delta_{T'}$ , onde  $J$  e  $J'$  são termos de 2ª ordem para aumento de precisão [06]. Teremos então:

$$\alpha_T = \alpha_{T'} + Aa + Bb + E + Cc + Dd + \tau\mu^a + J \operatorname{tg}^2 \delta_{T'}$$

$$\delta_T = \delta_{T'} + Aa' + Bb' + Cc' + Dd' + \tau\mu^d + J' \operatorname{tg} \delta_{T'}$$

(4.133)

$\alpha_{T'}$  e  $\delta_{T'}$  são obtidos pela (4.132).

A, B, C, D, E, J, J' e  $\tau$  ( $\tau = T - T'$ ) são obtidos do AENA em função da época da observação.

$\mu^a$  e  $\mu^d$  são obtidos pelas (4.107) ou (4.108) a partir de  $\mu_o^a$  e  $\mu_o^d$  obtidos do catálogo para a época  $T_o$ .

Se o valor de  $\Pi$  (paralaxe anual) for disponível devem-se acrescentar as correções  $\Delta\alpha_p$  e  $\Delta\delta_p$  obtidos pelas (4.87).

#### b) Números diários independentes

As expressões a serem usadas serão as (4.26), as (4.52) e (4.52a) acrescidas do movimento próprio e dos termos em J e J'. Teremos então:

$$\begin{aligned} \alpha_T &= \alpha_{T'} + f + g \operatorname{sen}(G + \alpha_{T'}) \operatorname{tg}\delta_{T'} + \\ &+ h \operatorname{sen}(H + \alpha_{T'}) \operatorname{sec}\delta_{T'} + J \operatorname{tg}^2\delta_{T'} + \tau\mu^a \\ \delta_T &= \delta_{T'} + g \cos(G + \alpha_{T'}) + h \cos(H + \alpha_{T'}) \operatorname{sen}\delta_{T'} + \\ &+ i \cos\delta_{T'} + J' \operatorname{tg}\delta_{T'} + \tau\mu^d \end{aligned} \quad (4.133a)$$

Sendo f, g, h, e, G e H obtidos também do AENA. Os restantes são obtidos como já descrito no item a.

Usando os números diários independentes podemos fazer ainda a redução ao dia por cálculo matricial, usando as (4.28a) e (4.54). Teremos então:

$$\begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}_T = B \left\{ \begin{bmatrix} -D \\ C \\ C \operatorname{tg} e \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}_{T'} \right\} \quad (4.134)$$

Se  $\Pi$  for conhecido adicionar  $\Delta\alpha_p$  e  $\Delta\delta_p$  como no item a.

#### 4.9.2 - Solução rigorosa por cálculo matricial.

De um catálogo de estrelas obtém-se para a época do catálogo  $\alpha'_0$ ,  $\delta'_0$ ,  $\mu^a_0$  e  $\mu^d_0$  onde em  $\alpha'_0$  e  $\delta'_0$  estão incluídos os termos em E da aberração anual.

Em cálculos rigorosos obtemos os termos em E (para a época  $T_0$ ) pelas (4.57) e subtraímos de  $\alpha'_0$  e  $\delta'_0$ . Teremos então:

$$\alpha_0 = \alpha'_0 - (\Delta\alpha_A^E)_{T_0} \tag{4.135}$$

$$\delta_0 = \delta'_0 - (\Delta\delta_A^E)_{T_0}$$

Com os valores de  $\sin\psi_0$ ,  $\cos\psi_0$  obtidos pelas (4.112c),  $\mu$  obtido pela (4.112a),  $\alpha_0$  e  $\delta_0$  pela (4.135) calculamos pela (4.112) (\*):

$$M \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}_{T_0}$$

Em seguida calculamos os elementos precessionais  $\zeta_0$ ,  $z$  e  $\theta$  pelas (4.1). Podemos então calcular a matriz P pela (4.9).

Com os valores  $\Delta\psi$  e  $\epsilon_V$  obtidos do AENA em função do instante da observação e  $\epsilon_T = \epsilon_V - \Delta\epsilon$  onde  $\Delta\epsilon$  é também obtido do AENA, ou ainda,  $\epsilon_T$  calculado pela (4.11), calculamos pela (4.19) a matriz N.

---

(\*)  $\Pi$  obtido de [20] e  $\nu$  de [18] se for o caso.

Devemos a seguir obter do AENA, por interpolações usando as segundas diferenças, os valores de A, B, C, D e f. Estes valores obtidos em segundos de arco e de tempo deverão ser transformados para radianos. Com a (4.29) calculamos a matriz B.

Calculamos então a aberração e a paralaxe com as (4.54) e (4.89):

$$B \left\{ \begin{array}{l} \left[ \begin{array}{l} -D \\ C \\ Ctge \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{l} C \operatorname{sece} \\ D \operatorname{cose} \\ D \operatorname{sene} \end{array} \right] \frac{\pi}{k} \end{array} \right\} \quad (4.136)$$

Podemos agora calcular as coordenadas cartesianas retilíneas para a época T porém sem os termos em E da aberração. Teremos então:

$$\begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}_T = B \left\{ \begin{array}{l} \left[ \begin{array}{l} -D \\ C \\ Ctge \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{l} C \operatorname{sece} \\ D \operatorname{cose} \\ D \operatorname{sene} \end{array} \right] \frac{\pi}{k} \end{array} \right\} + \text{NPM} \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}_{T_0} \quad (4.137)$$

Obtemos então as coordenadas uranográficas para a época T (ainda sem os termos em E da aberração):

$$\alpha' = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{Z_2}{Z_1} \quad (4.138)$$

$$\delta' = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{Z_3}{(Z_1^2 + Z_2^2)}$$

Pelas (4.135) calculamos os termos em E para a época T e acrescentamos aos valores obtidos pelas (4.138):

$$\alpha = \alpha' + (\Delta\alpha_A^E)_T$$
$$\delta = \delta' + (\Delta\delta_A^E)_T$$

(4.139)



## 5 - CATÁLOGOS DE ESTRELAS

Catálogo de Estrelas é um conjunto de informações que permitem obter com precisão a posição de um certo número de estrelas para uma determinada época.

Estes catálogos podem ser encontrados impressos (em um ou mais volumes), em cartões perfurados e em fitas magnéticas. As principais informações que devem conter são as coordenadas uranográficas heliocêntricas médias (ascensão reta e declinação) para uma ou mais épocas (geralmente 1875,0; 1900,0; 1950,0; 1975,0; 2000,0; etc.), as componentes do movimento próprio para a época do catálogo e, algo que identifique a estrela, como número ou nome. Além dessas informações os catálogos poderão conter várias outras, tais como: números em outros catálogos, época em que foram determinadas as posições das estrelas, essas posições nessa época, desvios padrões das coordenadas e do movimento próprio, magnitude visual e fotográfica, tipo espectral, distâncias das estrelas, velocidade radial, paralaxe anual, variação anual, secular e terceiro termo das coordenadas, além de posições de fontes de rádio, frequência (rádio astronomia), etc.

Os catálogos são divididos em observados e de compilação. Os observados são os obtidos diretamente por observações, visuais ou fotográficas. Os de compilação são aqueles cujas posições das estrelas são obtidas por informações retiradas de vários outros catálogos. Os observados podem por sua vez ser divididos em catálogos absolutos e catálogos relativos.

Catálogos absolutos são os que contêm posições absolutas de estrelas, isto é, posições que são obtidas diretamente através de observações e referidas a um sistema de eixos orientados segundo direções definidas também por ob-

servações. A direção do 3º eixo é determinada por observações de estrelas circumpolares em suas passagens meridianas (superior e inferior). A média das duas passagens corresponde à direção do eixo do mundo, isto é, a direção do 3º eixo do sistema. Essas medidas são feitas com um aparelho de alta precisão chamado Círculo Meridiano. É um aparelho fixo e sua luneta está permanentemente orientada para o meridiano. Uma vez conhecida a posição do polo (eixo do mundo) a distância polar  $p$  das outras estrelas pode ser medida. Lembrando que  $p = 90^\circ - \delta$ , podemos então obter  $\delta$ . É claro que essas observações são feitas com todo cuidado possível. São feitas correções tais como refração, aberração, etc.. Várias observações são feitas, reduzidas a uma mesma época e ajustadas. Outros processos também podem ser utilizados como por exemplo medir as coordenadas horizontais (azimute e altura) e transformá-las em declinação com as expressões vistas no capítulo 3. Já a determinação da ascensão reta é bem mais complicada pois implica na definição da direção do 1º eixo do sistema, isto é, na direção do ponto vernal. Este trabalho é feito através de observações ao Sol e a planetas. Apenas alguns poucos observatórios o fazem.

Catálogos relativos são os que contêm posições relativas, isto é, posições medidas em relação a outras estrelas cujas posições são conhecidas, chamadas estrelas de referência ou fundamentais. Essas posições relativas são medidas em relação as estrelas fundamentais com aparelhos de luneta ou, mais modernamente, medidas em fotografias do céu estrelado onde aparecem algumas estrelas de posição conhecida e as de posição a determinar. Com aparelhos chamados mono-comparadores são medidas coordenadas  $x$  e  $y$  da imagem da estrela de posição conhecida, relativas a um determinado par de eixos da fotografia. As relações entre estas coordenadas  $x$  e  $y$  e as coordenadas uranogrã

ficas permitem calcular valores chamados constantes de placa. São medidas então coordenadas x e y das imagens das estrelas de posições desconhecidas. Mediante as relações entre essas coordenadas e as constantes de placa são calculadas as coordenadas uranográficas dessas estrelas. O movimento próprio é obtido por duas ou mais determinações de coordenadas em épocas diferentes. Como no caso anterior várias observações são feitas, reduzidas a uma mesma época e ajustadas.

Catálogos Fundamentais são catálogos que contêm a posição e o movimento próprio bem determinados de um selecionado número de estrelas espalhadas por toda esfera celeste, com uma densidade mais ou menos homogênea. O sistema de coordenadas ao qual estão referidas estas estrelas é chamado de Sistema Fundamental. Atualmente o sistema fundamental adotado internacionalmente é o do FK4, catálogo fundamental publicado pela "Astronomischen Rechen - Instituts" Heidelberg, Alemanha [09]. Os sistemas do "General Catalog" GC [06] e do N30 são usados também como fundamentais.

#### 5.1 - CATÁLOGOS FUNDAMENTAIS

Com a finalidade de ser confeccionado um catálogo relativo, que mais tarde chamou-se AGK1, por volta de 1860, foi elaborada uma lista de estrelas fundamentais. Esta lista tomou o nome de "Fundamental Catalog" (FC) e foi publicada em duas partes. A primeira continha a posição e o movimento próprio de 539 estrelas com declinação entre  $10^{\circ}\text{S}$  e  $90^{\circ}\text{N}$ . A segunda parte continha apenas 83 estrelas com declinação entre  $10^{\circ}\text{S}$  e  $32^{\circ}\text{S}$ . O catálogo continha a ascensão reta e a declinação para 1875,0, as componentes anuais do movimento próprio, a variação anual, secular e o terceiro termo da precessão (em série de Taylor), baseados na constante de Struve-Peters. O responsável por esse

trabalho foi o astrometrista Artur Auwers.

Na tentativa de melhorar as posições das estrelas do FC e aumentar o número de estrelas fundamentais, surgiu um novo catálogo, o NFK "Newer Fundamentalkatalog". Foi melhorado o sistema de referência (tornado mais inerte), como também, foram usadas as constantes de precessão de Newcomb adotadas internacionalmente para os termos da série de Taylor. O NFK contém a posição de 925 estrelas para os sistemas médios de 1925,0 e 1950,0 [25].

Nos fins de 1920 a Associação de Astrônomos da Alemanha resolveu melhorar as posições do AGK1. O catálogo resultante seria o AGK2 baseado em estrelas fundamentais do NFK, porém revisadas. Desta revisão surgiu um novo catálogo fundamental com o nome de "Dritter Fundamentalkatalog des Berliner Astronomischen Jahrbuchs" mais conhecido como FK3 [21]. Nesse catálogo cada estrela ocupa uma linha em duas páginas. Na página da esquerda encontram-se o número da estrela, o nome, a grandeza, o tipo espectral, a época das coordenadas médias (1925 e 1950), a ascensão reta para 1925,0 e para 1950,0 e os termos da série de Taylor para a precessão também para 1925,0 e para 1950,0 ( $d/dt$ ,  $d^2\alpha/dT^2$ ) como também a componente em ascensão reta do movimento próprio ( $\mu$ ) e sua variação ( $d\mu/dT$ ) para 1925,0 e 1950,0. Na página da direita são encontrados o número da estrela e os dados relativos a declinação para 1925,0 e 1950,0, e as épocas médias em que foram determinadas a ascensão reta e a declinação bem como os desvios padrões da ascensão reta, da declinação e das componentes do movimento próprio. Na última coluna constam ainda o número da estrela no catálogo PGC e no de Eichelberger. São catalogadas 925 estrelas sendo que as vinte últimas são circumpolares dez do hemisfério norte e dez do hemisfério sul. Pos-

teriormente mais 600 estrelas foram selecionadas e catalogadas no sistema FK3, mas apenas para a época 1950,0. Constituíram a 2ª parte do FK3 com o nome de "Zusatzsterne" (estrelas adicionais) para a época de 1950,0 [22].

Mais tarde um novo catálogo do tipo AGK iria ser elaborado, o AGK3. Para isso os astrônomos confeccionaram um novo catálogo fundamental, o "Fourth Fundamental Catalogue" conhecido por FK4 [09] também publicado pela Astronomischem Rechen-Institut - Heidelberg - Alemanha. As posições das estrelas contidas no FK3 foram melhoradas. Outras tiveram suas posições determinadas dando origem assim ao sistema FK4. Na página esquerda do catálogo encontram-se o número da estrela no FK3, seu nome, magnitude, tipo espectral, os valores de  $\alpha$ ,  $d\alpha/dT$ , e  $1/2 d^2 \alpha/dT^2$ , a componente do movimento próprio em ascensão reta  $\mu$  e sua variação  $d\mu/dT$  para 1950,0 e 1975,0. Está registrada ainda a média ponderada das épocas em que a ascensão reta foi determinada  $E_p(\alpha)$  e os desvios padrões da ascensão reta  $m(\alpha)$  e do movimento próprio  $m(\mu)$ . Na página da direita encontram-se  $\delta$ ,  $d\delta/dT$ ,  $1/2 d^2 \delta/dT^2$ ,  $\mu'$ ,  $d\mu'/dT$ ,  $E_p(\delta)$ ,  $m(\delta)$ ,  $m(\mu')$  e os números da mesma estrela no GC e no N30. Depois de publicado o FK4 foram selecionadas mais 1987 estrelas cobrindo toda a esfera celeste e determinadas suas posições no sistema FK4. Essas posições foram publicadas apenas para 1950,0 no suplemento do FK4 conhecido como FK4 Sup [10].

Do FK3 e atualmente do FK4 são extraídas 1535 estrelas para as quais são calculadas as posições aparentes de 10 em 10 dias que são publicadas em um volume anualmente. Tal publicação é o "Apparent Places of Fundamental Stars", (APFS) [05]. Cuidado especial deve-se ter com os termos de curto período da nutação (4.3.9), pois os mesmos não estão incluídos nas coordenadas tabeladas. Devem ser calculados a parte e adicio-

nados àquelas coordenadas. A influência da paralaxe anual é incluída para as estrelas das quais a paralaxe é tabelada no catálogo de paralaxes [20].

Também nos Estados Unidos, no início deste século o Professor Lewis Boss, diretor do Dudley Observatory em Albany, New York, juntamente com outros astrônomos se propôs a confeccionar um catálogo que fornecesse posições precisas de estrelas. Nesta mesma época foi fundada a "Carnegie Institution of Washington", em cujas decisões preliminares foi considerado o projeto do Professor Boss como de certa importância. Assim, por volta de 1904, começou a ser confeccionado o "Preliminary General Catalog". Em 12 de dezembro de 1905 os planos do Prof. Boss foram oficialmente reconhecidos pelos curadores da "Carnegie Institution" com a criação do "Department of Meridian Astrometry" que teria duração de 10 anos (sabemos que o General Catalog levou mais de 30 anos para ser concluído), cuja função era elaborar um Catálogo Geral. Nesse plano deveriam constar todas as estrelas de brilho maior que 7,0. Todas as observações feitas antes de 1859 deveriam ser aproveitadas para a obtenção do movimento próprio. Estas estrelas deveriam ser re-observadas. Como estas estrelas estavam espalhadas por toda esfera celeste, apenas 1/4 delas poderiam ser observadas de Albany. Havia então necessidade de ser instalado um observatório no hemisfério sul. Este observatório foi instalado em San Luis na Argentina. Dos catálogos "Albany Zone Catalogues for 1900", "Preliminary General Catalogue of 6.7<sup>th</sup> Stars" (PGC). "San Luis Catalogue of 15.333 Stars", "Albany Catalogue of 20.811 Stars" e vários outros resultou sob a liderança de Benjamin Boss (Lewis Boss falecera em 1912) o "General Catalogue of 33.342 Stars for the Epoch 1950" (GC) publicado em 1937 [06]. O catálogo é composto de cin-

co volumes. O primeiro contém as descrições do catálogo, história, modo de usá-lo, etc., e vários apêndices (efemerides de estrelas circumpolares, peculiaridades do movimento próprio, correções sistemáticas na declinação e na ascensão reta, etc.). Os volumes seguintes de II a V contém as posições médias para 1950,0, a variação anual, a variação secular e o terceiro termo (com os movimentos próprios incluídos e calculados com as constantes de Newcomb). Contém ainda o movimento próprio para 1950,0 e suas variações seculares, a época média dos catálogos que originaram os dados da estrela, o erro provável da posição da estrela e do movimento próprio naquela época. O desvio padrão das posições das estrelas varia de estrela para estrela. Em média seu valor é de 0,15". Porém, devido a erro do movimento próprio eles chegaram a 0,70" em 1970. Portanto o GC está perdendo o seu valor, tornando-se uma obra de interesse histórico [25]. Embora tabelas e fórmulas permitam que sejam as posições do GC reduzidas ao sistema do FK4, os erros nas posições se tornam bastante grandes devido aos erros no movimento próprio.

Dez anos depois de publicado o GC foi constatado que nele havia erros sistemáticos. Foi então que surgiu o "Catalog of 5.268 Standard Stars, 1950, Based on the Normal System N30". Vários catálogos foram utilizados, e observações ao sol e a planetas foram realizadas. A vantagem do N30 está no fato de se poder encontrar com precisão a posição de estrelas, que não constam do FK4 e do FK4 Sup.

O sistema de referência definido pelo FK4 é o atualmente utilizado universalmente. Portanto, é a ele que as posições obtidas de outros catálogos devem ser reduzidas. Para isso existem tabelas de redução FK4-N30, FK4-GC, FK4-FK3, etc.

## 5.2 - CATÁLOGOS RELATIVOS

Vimos em 5.1 que a finalidade dos catálogos fundamentais FC, FK3 e FK4 era a confecção dos catálogos relativos AGK1, AGK2 e AGK3 respectivamente. Esses catálogos são conhecidos como sendo do tipo AGK.

A confecção do AGK1 foi proposta por F.W. Argelander à recém fundada Sociedade dos Astrônomos Amadores (Astronomische Gesellschaft) na Alemanha em 1867. Seriam observadas, todas as estrelas com magnitude abaixo de nove, com o círculo meridiano e amarradas ao sistema fundamental de 539 estrelas (FC). No início foram observadas apenas estrelas com declinação compreendida entre  $80^{\circ}\text{N}$  e  $2^{\circ}\text{S}$ . Mais tarde foram observadas também estrelas com declinação de  $2^{\circ}\text{S}$  até  $23^{\circ}\text{S}$ , constituindo uma segunda parte do catálogo que se chamou "Astronomische Gesellschaft Katalog" o AGK1 [25].

Posteriormente, astrônomos sulamericanos em Cordoba e La Plata na Argentina resolveram prosseguir os trabalhos do AGK1 nas declinações compreendidas entre  $23^{\circ}\text{S}$  e  $82^{\circ}\text{S}$ . Assim seria coberta toda a esfera celeste com exceção das calotas polares [25].

Com o uso dos processos fotográficos, todas as estrelas do hemisfério norte foram fotografadas pelo menos duas vezes. Com isso ficou constatada a existência de erros sistemáticos de difícil remoção no AGK1. Em 1921 na mesma sociedade foi proposta uma revisão no AGK1 por processos fotográficos mais modernos (uso de grandes angulares). O primeiro resultado disso foi uma revisão no sucessor do FC, isto é, no NFK a qual deu origem ao FK3. Várias estrelas foram observadas com base no FK3 (aproximadamente uma por grau quadrado) com círculos meridianos. Essas estrelas catalogadas constituíram o AGK2R (R



de referência). As placas fotográficas eram obtidas em Bonn ( $\delta$  entre  $20^{\circ}\text{N}$  e  $2^{\circ}\text{S}$ ), em Hamburgo Bergerdorf ( $\delta$  entre  $70^{\circ}\text{N}$  e  $20^{\circ}\text{N}$ ) e em Pulkovo na Rússia ( $\delta$  entre  $70^{\circ}\text{N}$  e  $90^{\circ}\text{N}$ ). Em 1937 as observações de Pulkovo deixaram de ser enviadas e as estrelas com  $\delta$  entre  $70^{\circ}\text{N}$  e  $90^{\circ}\text{N}$  foram também observadas em Hamburgo Bergerdorf. Foi então publicado o AGK2 em quinze volumes contendo posições de estrelas com declinação compreendida entre  $90^{\circ}\text{N}$  e  $2^{\circ}\text{S}$  catalogadas para 1950,0. O AGK2 não contém nenhuma informação sobre o movimento próprio, embora ele possa ser obtido do AGK1. Porém os erros sistemáticos do AGK1 não darão bons resultados. Foi então iniciado um plano de coleta de dados que permitiriam chegar a um desvio padrão da ordem de  $0,008''$ . O sistema fundamental é o do FK4 e o catálogo de referência resultante foi o AGK3R. Assim surgiu o AGK3 cujos movimentos próprios são baseados nas posições do AGK2 das quais todos os erros sistemáticos foram removidos [25]. O AGK3 dá a posição média e o movimento próprio para a época média de 1950,0 de estrelas com brilho maior que 11 para cerca de 186.000 estrelas.

Alguns anos depois do início dos trabalhos do AGK2 o Observatório Real do Cabo da Boa Esperança (África) iniciou um programa para a determinação de posições de estrelas com brilho maior que 9,0 para declinação de  $30^{\circ}\text{S}$  até o polo sul celeste. As determinações foram feitas nos moldes das do AGK2. O produto dessas determinações foi o Catálogo Fotográfico do Cabo (CPC) [25].

Outra série de catálogos digna de registro é a dos chamados Catálogos Yale. Essa série foi considerada o empreendimento mais extenso neste campo, porém mais heterogêneo. A diferença desse catálogo para o AGK2 e AGK3 é que o sistema do Yale não é homogêneo, varia de zona para zona de observa-

ção. Existem tabelas para reduções dos vários sistemas do GC. Nestes catálogos estão publicados o número da estrela no AGK1 quando lá existir, a magnitude, o espectro, a ascensão reta, a declinação, a variação anual, a variação secular e o terceiro termo (sem o efeito do movimento próprio) para 1875,0 e 1950,0 [25].

### 5.3 - CATÁLOGOS DE COMPILAÇÃO

Dentre os Catálogos de Compilação o mais importante é o Smithsonian Astrophysical Observatory Star Catalog (SAO) [31].

Antes do lançamento do primeiro Sputnik e principalmente logo depois, o Smithsonian Observatory sentiu a necessidade de preparar um catálogo de posições de estrelas que preenchesse os seguintes requisitos: a) estivesse em um sistema de referência homogêneo; b) que contivesse pelo menos quatro estrelas por grau quadrado; c) suas estrelas deveriam estar uniformemente distribuídas em toda esfera celeste; d) o desvio padrão médio de suas posições nesta época deveria ser menor que 1"; e) os movimentos próprios de todas as estrelas deveriam ser conhecidos; f) seu sistema médio de referência deveria ser o de 1950,0; g) deveria ser acessível a computador. Foi iniciada então a compilação e os seguintes catálogos foram selecionados: AGK2, Cape Anals, Cape Zone, GV, FK3, FK4, ME3, ME4 e Yale. As informações obtidas dos catálogos eram registradas em cartões perfurados e armazenadas em fitas magnéticas. Usando as constantes de Newcomb era aplicada a precessão para 1950,0; em seguida eram introduzidas correções a fim de reduzir as posições dos diversos sistemas ao sistema GC; desse ao FK3 e finalmente ao FK4. O movimento próprio foi calculado para 56.000 estrelas e acrescentadas outras informações tais como número, brilho, espectro, etc. [16]. Assim o

catálogo ficou constituído de 258.997 posições de estrelas com desvio padrão médio de 0,5" na época 1963,5 no sistema fundamental do FK4. O Catálogo S.A.O. é encontrado impresso em 4 volumes, em fitas magnéticas e em um conjunto de cartas celestes. As fitas magnéticas são compatíveis com a unidade de fitas IBM 729, e encontram-se em quatro sistemas diferentes: a) um conjunto de 2 fitas no formato binário de 11 palavras; b) um conjunto de 8 fitas no formato binário de 9 palavras; c) um conjunto de 20 fitas BCD no formato original dos cartões perfurados; d) cinco fitas, cada uma contendo a posição, a magnitude visual e o desvio padrão para uma determinada época (1950,0; 1963,5; 1964,5; 1965,5; 1966,5). No conjunto de 2 fitas (a) os dados das estrelas estão registrados em secções de  $10^{\circ}$  em declinação. Em cada secção as posições das estrelas estão catalogadas em ordem crescente de ascensão reta de 0h a 24h. Os volumes impressos foram feitos a partir dessas fitas magnéticas. Um programa de computador capaz de interpretar os dados em binário e transformá-los em decimal apresenta estes dados num tubo de raios catódicos (tela de televisão) em grupos de 100 estrelas. Um projetor de diapositivos projetava sobre esta tela as linhas verticais e horizontais e os cabeçários. Com uma câmara fotográfica veloz, a imagem na tela foi fotografada (uma página cada 2 segundos). Das fotografias foram impressas as páginas em "offset" num total de 2.600 [31]. As cartas celestes, em número de 152, foram feitas por um "plotter" também a partir das fitas magnéticas que continham apenas a posição para 1950,0 e a magnitude visual [32]. No catálogo impresso e nas fitas magnéticas encontram-se o número da estrela no catálogo, magnitude visual e fotográfica, ascensão reta e declinação médias para 1950,0 até 0,001s e 0,01" respectivamente, o movimento próprio  $\mu$  em  $\alpha$  e  $\mu'$  em  $\delta$  para a época 1950,0 o desvio padrão

da posição e do movimento próprio. Também contém a ascensão reta e a declinação para a época original do catálogo fonte, essa época e os desvios padrões dessas coordenadas. Estão registrados ainda o tipo espectral, o catálogo fonte e o respectivo número da estrela no catálogo DM [31].

Sendo o catálogo da SAO um catálogo de compilação, tudo o que se procurar nele será encontrado em outro (catálogo fonte). Mas é de inestimável valor para o geodesta ou usuário não especialista, que necessita de posições com razoável precisão num mesmo sistema (FK4), não precisando para isso procurar em vários catálogos diferentes.

#### 5.4 - CATÁLOGOS DIVERSOS

Além dos catálogos já vistos existem vários outros, alguns com alguma particularidade. Por exemplo o "General Catalogue of Trigonometric Stellar Parallaxes" de Louise F. Jenkins [20]. A finalidade principal desse catálogo é fornecer a paralaxe anual de cerca de 6.000 estrelas. Além da paralaxe absoluta contém na página da esquerda outros dados como  $\alpha$ ,  $\delta$ ,  $\mu_\alpha$ ,  $\mu_\delta$  para 1950,0, magnitude, espectro, o catálogo de onde foi obtido o  $\mu$ , o número da estrela no catálogo DM e no HD, além do número da estrela no próprio catálogo. Na página da direita encontram-se o valor relativo da paralaxe, sua fonte, o número da estrela no catálogo e o peso na determinação da paralaxe. Essa página ainda contém algumas observações sobre essas estrelas.

Outro catálogo que podemos citar é o "Catalogue of Bright Stars" de Dorrit Hoffleit [18]. Contém posições de 9.091 estrelas para 1900 e 2000. Entre outros dados este catálogo fornece a velocidade radial e a paralaxe para algumas estrelas das catalogadas.

A maioria dos catálogos atualmente é disponível em cartões perfurados e fitas magnéticas.

Existem inúmeros outros catálogos dos quais vamos citar alguns [19]: - Wilson's Radial Velocity Catalogue, Henry Draper Star Catalogue (HD), Southern Reference Stars (SRS) Catalogue, Kukarkin's Variable Star Catalogue, Lick Double Star Catalogue, Geschichte des Fixsternhimmels, Catalogue of Nearby Stars, Zodiacal Catalogue, Dixon's Master List of Radio Sources, Zodiacal Radio Source Catalogue e outros.

6 - PROGRAMA EM LINGUAGEM FORTRAN PARA IDENTIFICAÇÃO DE ESTRELAS NO CATÁLOGO DA SAO.

6.1 - TRIANGULAÇÃO CELESTE

Este método da Geodésia Celeste consiste em se fotografar um satélite artificial contra o fundo estrelado a partir de duas estações terrestres simultaneamente. De medidas sobre a chapa fotográfica é obtida a direção de cada estação-satélite. As duas estações e o sinal definem um plano SAB (fig. 6.1). Uma segunda posição do satélite é fotografada definindo um novo plano S'AB. A intersecção dos dois planos define a direção passante pelas duas estações.

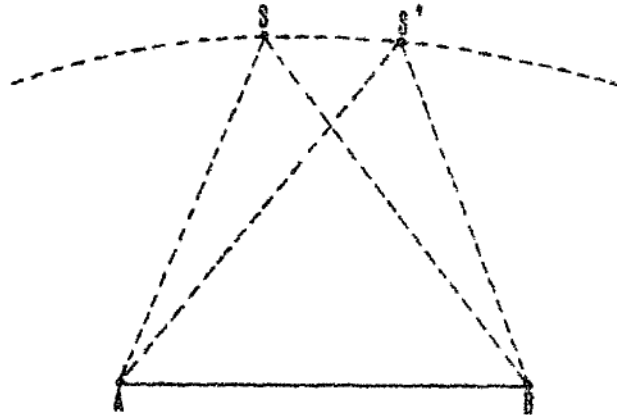


Fig. 6.1

Aumentando o número de estações as direções terrestres poderão compor triângulos, formando uma triangulação tri-dimensional chamada Triangulação Celeste [17].

Para a obtenção dos co-senos directos da direção estação-satélite precisam ser determinadas as coordenadas uranográficas topocêntricas do satélite através das coordenadas uranográficas das estrelas que aparecem na mesma foto.

Essas estrelas precisam ser identificadas para que sejam retiradas de catálogos suas coordenadas. Apenas algumas podem ser facilmente identificadas com o auxílio de cartas celestes como por exemplo as cartas do catálogo da SAO [32]. Podem ser então retiradas de um catálogo as coordenadas uranográficas dessas estrelas. Com um comparador são medidas ao micron na fotografia coordenadas retílineas (x e y) destas estrelas, chamadas coordenadas padrão. Estas coordenadas foram medidas, deverão portanto diferir das coordenadas padrão teóricas calculadas ( $\xi$  e  $\eta$ ). Teremos então [14]:

$$\Delta\xi = \xi - x \tag{6.1}$$

$$\Delta\eta = \eta - y$$

$\Delta\xi$  e  $\Delta\eta$  podem ser calculados por fórmulas lineares do tipo:

$$\Delta\xi = ax + by + c \tag{6.2}$$

$$\Delta\eta = dx + ey + f$$

Como as coordenadas padrão teóricas ( $\xi$  e  $\eta$ ) e as medidas (x e y) têm valores bastante próximos, podemos escrever que:

$$\Delta\xi = a\xi + b\eta + c \tag{6.3}$$

$$\Delta\eta = d\xi + e\eta + f$$

Os valores a, b, c, d, e e f são denominados constantes de placa. São função de erros tais como refração, aberração, não perpendicularidade da chapa ao eixo ótico, eixo ótico não passante pela origem, etc., os quais originaram  $\Delta\xi$  e  $\Delta\eta$ .

As coordenadas padrão podem ser calculadas pelas expressões [30]:

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

$$\eta = \frac{\operatorname{cos} \delta_0 - \cotg \delta \operatorname{sen} \delta_0 \operatorname{cos}(\alpha - \alpha_0)}{\operatorname{sen} \delta_0 + \cotg \delta \operatorname{sen} \delta_0 \operatorname{cos}(\alpha - \alpha_0)}$$
(6.4)

Onde  $\alpha$  e  $\delta$  são as coordenadas uranográficas da estrela (obtidas do catálogo) e  $\alpha_0$  e  $\delta_0$  as coordenadas uranográficas do ponto P, intersecção do eixo ótico da câmara com a esfera celeste.

$\alpha_0$  e  $\delta_0$  poderão ser calculados, confundindo-se o ponto P com o ponto principal da fotografia, ou seja com o ponto de encontro das retas definidas pelas marcas fiduciais da foto; outra maneira de se obter  $\alpha_0$  e  $\delta_0$  é confundir o ponto de tangencia com uma estrela conhecida localizada na região central da foto; ou ainda tomando-se para  $\alpha_0$  a média dos  $\alpha$  e para  $\delta_0$  a médias dos  $\delta$  das estrelas conhecidas.

Acreditamos ser o último, o processo mais prático uma vez que estamos procurando valores aproximados das constantes de placa devido ao pequeno número de estrelas conhecidas.

Com as quantidades  $\xi$  e  $\eta$  calculadas pelas (6.4) e com os valores medidos de  $x$  e  $y$  podemos obter para cada estrela  $\Delta\xi$  e  $\Delta\eta$ . Para então obtermos as constantes de placa  $a$ ,  $b$ , etc., usaremos as (6.2) com  $x$  e  $y$  medidos e  $\xi$  e  $\eta$  calculados de no mínimo três estrelas conhecidas. Caso haja um maior número de estrelas conhecidas, o que é normal, poderá ser efetuado um ajustamento pelo método dos mínimos quadrados.

Uma vez obtidas as constantes de placa, que lembramos são aproximadas devido ao pequeno número de estrelas, pode-se obter, medindo-se as coordenadas padrão  $x$  e  $y$ , os valores  $\Delta\xi$  e  $\Delta\eta$  das estrelas desconhecidas pelas (6.2), e em



seguida calcular as coordenadas padrão teóricas pelas (6.1). Pelas expressões abaixo provindas das (6.4) calculam-se então as coordenadas uranográficas aproximadas das estrelas:

$$\operatorname{tg}(\alpha - \alpha_0) = \frac{\xi \operatorname{sec} \delta_0}{1 - \eta \operatorname{tg} \delta_0}$$

$$\operatorname{cotg} \delta \cos(\alpha - \alpha_0) = \frac{1 - \eta \operatorname{tg} \delta_0}{\eta + \operatorname{tg} \delta_0} \quad (6.5)$$

$$\operatorname{cotg} \delta \operatorname{sen}(\alpha - \alpha_0) = \frac{\xi \operatorname{sec} \delta_0}{\eta + \operatorname{tg} \delta_0}$$

Com essas coordenadas as estrelas são identificadas e obtidas as suas coordenadas uranográficas para a época do catálogo. Agora, tendo-se um grande número de estrelas conhecidas podem ser calculados valores mais precisos das constantes de placa, que permitirão sejam calculadas as coordenadas uranográficas topocêntricas do satélite pelo mesmo processo se forem medidas suas coordenadas padrão ( $x_s$  e  $y_s$ ).

## 6.2 - PROGRAMA PARA IDENTIFICAÇÃO DAS ESTRELAS.

O programa em Linguagem Fortran identifica a estrela na fita magnética sendo dadas as suas coordenadas uranográficas aproximadas.

Sabemos que as estrelas estão separadas em grupos de declinação de  $10^\circ$  em  $10^\circ$ . Dentro de cada grupo estão em ordem crescente de ascensão reta de 0h a 24h, como segue:

Estrelas de nº 000 001 a 004 015 ( $90^{\circ} > \delta \geq 80^{\circ}$ );  
 de nº 004 016 a 010 936 ( $80^{\circ} > \delta \geq 70^{\circ}$ );  
 de nº 010 937 a 021 022 ( $70^{\circ} > \delta \geq 60^{\circ}$ );  
 de nº 021 023 a 036 006 ( $60^{\circ} > \delta \geq 50^{\circ}$ );  
 de nº 036 007 a 053 593 ( $50^{\circ} > \delta \geq 40^{\circ}$ );  
 de nº 053 594 a 073 708 ( $40^{\circ} > \delta \geq 30^{\circ}$ );  
 de nº 073 709 a 091 672 ( $30^{\circ} > \delta \geq 20^{\circ}$ );  
 de nº 091 673 a 108 980 ( $20^{\circ} > \delta \geq 10^{\circ}$ );  
 de nº 108 981 a 128 547 ( $10^{\circ} > \delta \geq 0^{\circ}$ );  
 de nº 128 548 a 147 050 ( $0^{\circ} > \delta \geq -10^{\circ}$ );  
 de nº 147 051 a 166 008 ( $-10^{\circ} > \delta \geq -20^{\circ}$ );  
 de nº 166 009 a 192 333 ( $-20^{\circ} > \delta \geq -30^{\circ}$ );  
 de nº 192 334 a 215 000 ( $-30^{\circ} > \delta \geq -40^{\circ}$ );  
 de nº 215 001 a 231 903 ( $-40^{\circ} > \delta \geq -50^{\circ}$ );  
 de nº 231 904 a 248 106 ( $-50^{\circ} > \delta \geq -60^{\circ}$ );  
 de nº 248 107 a 255 628 ( $-60^{\circ} > \delta \geq -70^{\circ}$ );  
 de nº 255 629 a 258 207 ( $-70^{\circ} > \delta \geq -80^{\circ}$ );  
 de nº 258 208 a 258 997 ( $-80^{\circ} > \delta \geq -90^{\circ}$ );

O primeiro passo é identificar em que grupo se encontra a estrela procurada através da sua declinação aproximada. Dentro desse grupo são selecionadas duas estrelas com ascensão reta imediatamente superior e inferior ao valor aproximado. Dentre as dez anteriores a esta e as dez posteriores, é selecionada a estrela com declinação mais próxima do valor aproximado.

Nas unidades de saída serão impressos ou perfurados em cartões o número da estrela, suas coordenadas uranográficas para a época 1950,0 e as componentes do movimento próprio. Estes dados em cartões serão os dados de entrada para outro programa. Além desses, outros dados como magnitude,

desvio padrão etc., poderão ser impressos bastando para isso dar os comandos de saída necessários.

```

*****
***** PROGRAMA 1 - CRIACAO DO ARQUIVO EM DISCO *****
*****
C   CADA REGISTRO FISICO CONTEM 50 ESTRELAS
C   CADA ESTRELA USA 13 PALAVRAS DE 32 BITS
C   AS INFORMACOES DE UMA ESTRELA SAO REPRESENTADAS POR 396 BITS
C   CONSECUTIVOS ASSIM DISTRIBUIDOS (K.L. HARAMUNDANIS-SAO STAR
C   CATALOG BINARY TAPES [35])
C   *****
C   *   QUANTIDADE   *BIT O.* PALAVRA *   BIT   * NUMERO * DIVISOR *
C   *                   *SINAL   *   INICIAL *DE BITS *
C   *****
C *DELTA 1950          * SIM *   1   *   1   *   31   * 2**26 *
C *CODIGO 10           * --- *   1   *  32   *   5   * ---- *
C *ALFA 1950           * --- *   2   *   5   *  31   * 2**26 *
C *CODIGO 20           * --- *   3   *   4   *   5   * ---- *
C *MOV.PROP.AN.EM DEC.* SIM *   3   *   9   *  18   * 2**31 *
C *DESVIO DO M.P.EM DEC.* --- *   3   *  27   *  14   * 2**30 *
C *CODIGO 30           * --- *   4   *   9   *   4   * ---- *
C *MOV.PROP.AN.EM A.R.* SIM *   4   *  13   *  18   * 2**31 *
C *DESVIO DO M.P.EM A.R.* --- *   4   *  31   *  14   * 2**30 *
C *CODIGO 40           * --- *   5   *  13   *   4   * ---- *
C *MAGNITUDE FOTOGRAFICA* SIM *   5   *  17   *  12   * 2**7  *
C *EPOCA DE DELTAO -1850* --- *   5   *  29   *  12   * 2**5  *
C *DESVIO DE DELTAO   * --- *   6   *   9   *  12   * 2**26 *
C *MAGNITUDE VISUAL   * SIM *   6   *  21   *  12   * 2**7  *
C *EPOCA DE ALFAO -1850* --- *   7   *   1   *  12   * 2**5  *
C *DESVIO DE ALFAO    * --- *   7   *  13   *  12   * 2**26 *
C *ZONA NO DM         * SIM *   7   *  25   *   8   * ---- *
C *NUMERO NO DM       * --- *   8   *   1   *  15   * ---- *
C *NUM.NO LIVRO DA SAO* --- *   8   *  16   *   7   * ---- *
C *CODIGO 51           * --- *   8   *  23   *   3   * ---- *
C *CODIGO 52           * --- *   8   *  26   *   3   * ---- *
C *TIPO ESPECTRAL (BCD)* --- *   8   *  29   *  18   * ---- *
C *CODIGO 60           * --- *   9   *  15   *   1   * ---- *
C *CODIGO 70           * --- *   9   *  16   *   1   * ---- *
C *NUM.DA EST.CAT.FONTE* --- *   9   *  17   *  16   * ---- *
C *DELTAO (22 BITS BAIXA)* *   *   *   *   *   *
C *ORDEM              * SIM *  10   *   1   *  23   * 2**26 *
C *DESVIO PADRAO EM 1950* --- *  10   *  24   *  13   * 2**26 *
C *ALFAO              * --- *  11   *   5   *  31   * 2**26 *
C *(NAO USADO)        * --- *  12   *   4   *   5   * ---- *
C *VERIFICACAO DE SOMA* --- *  12   *   9   *  36   * ---- *
C   *****

```

```

C *****
C *
C *          DISTRIBUICAO DAS ESTRELAS NO ARQUIVO          *
C *****
C *   GRUPO DE *   NUMERO DE *   NUMERO DE *   ''PADDING'' *
C *   DECLINACAO *   ESTRELAS *   REGISTROS *
C *           *   (A) *   (B) *   (C) *   (D) *
C *****
C *   +80 *   4015 *   81 *   (4050) *   35 *
C *   +70 *   6921 *   139 *   (6950) *   29 *
C *   +60 *   10086 *   202 *   (10100) *   14 *
C *   +50 *   14984 *   300 *   (15000) *   16 *
C *   +40 *   17587 *   352 *   (17600) *   13 *
C *   +30 *   20115 *   403 *   (20150) *   35 *
C *   +20 *   17964 *   360 *   (18000) *   36 *
C *   +10 *   17308 *   347 *   (17350) *   42 *
C *   + 0 *   19567 *   392 *   (19600) *   33 *
C *           *   ----- *   ----- *   ----- *
C *   TOTAL *   128547 *   2576 *   (128800) *   253 *
C *           *   *   *   *
C *   - 0 *   18504 *   371 *   (18550) *   46 *
C *   -10 *   18958 *   380 *   (19000) *   42 *
C *   -20 *   26325 *   527 *   (26350) *   25 *
C *   -30 *   22603 *   453 *   (22650) *   47 *
C *   -40 *   16966 *   340 *   (17000) *   34 *
C *   -50 *   16203 *   325 *   (16250) *   47 *
C *   -60 *   7522 *   151 *   (7550) *   28 *
C *   -70 *   2579 *   52 *   (2600) *   21 *
C *   -80 *   790 *   16 *   (800) *   10 *
C *           *   ----- *   ----- *   ----- *
C *   TOTAL *   130450 *   2615 *   (130750) *   300 *
C *           *   *128547 *   *   *
C *   ESTRELAS *   258997 *   *   *
C *   TOTAL DE *   ----- *   *   *
C *           *   *   *   *   (508=C,C-D=A) *
C *****

```

```

INTEGER EOF,LSTRI(650),LSTRO(650),NRG(18),NPD(18),TOP
INTEGER STARO(13,50),STARI(13,50)
EQUIVALENCE (LSTRI(1),STARI(1,1)),(LSTRO(1),STARO(1,1))
DEFINE FILE 8(258997,650,L,IR)
DATA NRG/80,138,201,299,351,402,359,346,391,
1 370,379,526,452,339,324,150,51,15/
DATA NPD/15,21,36,34,37,15,14,8,17,
1 4,8,25,3,16,3,22,29,40/
DATA NFILE,TOP/8,0,IR/1/

C
DO 150 J=1,18
70 NREG=NRG(J)
NPAD=NPD(J)
C.... NRG(J) = NUMERO DE REGISTROS - 1 PARA J=1,2,....,18
C.... NPD(J)= 50 - NUMERO DE PADDING PARA J=1,2,....,18
C.... J = 1 DECLINACAO IGUAL A +80
C.... J = 2 DECLINACAO IGUAL A +70
C.... J =18 DECLINACAO IGUAL A -80
DO 125 I1=1,NREG
C..... LE UM REGISTRO DO ARQUIVO EM FITA
CALL LEIA(LSTRI,EOF)
DO 120 I2=1,50
C..... MOVE AS 50 ESTRELAS DO REGISTRO DE ENTRADA PARA
C..... O REGISTRO DE SAIDA
TOP=TOP+1
DO 100 I3=1,13
C..... TRANSFERE PARA VARIAVEL DE SAIDA
STARO(I3,TOP)=STARI(I3,I2)
100 CONTINUE
IF(TOP=50) 120,110,110
110 WRITE(NFILE*IR) LSTRO
TOP=0
120 CONTINUE
125 CONTINUE
C.... LE O ULTIMO REGISTRO REFERENTE A UMA DECLINACAO
CALL LEIA(LSTRI,EOF)
DO 140 I1=1,NPAD
C..... TRANSFERE APENAS AS ESTRELAS EXISTENTES
TOP=TOP+1
DO 130 I2=1,13
C..... TRANSFERE PARA A VARIAVEL DE SAIDA
STARO(I2,TOP)=STARI(I2,I1)
130 CONTINUE
IF(TOP=50) 140,135,135
135 WRITE(NFILE*IR) LSTRO
TOP=0
140 CONTINUE
150 CONTINUE
CALL EXIT
END

```



```

*****
**** PROGRAMA 2 - IDENTIFICACAO DE ESTRELAS NO CATALOGO DO SAO - ****
*****
      DEFINE FILE 8(258997,650,L,IV)
      DIMENSION LSTAR(650),INFSUP(18,2)
      COMMON PI,RAD,NUM,NBUF
      DATA INFSUP/1,4016,10937,21023,36007,53594,73709,91673,108981,1285
148,147051,166009,192334,214940,231904,248107,255629,258208,4015,10
2936,21022,36006,53593,73708,91672,108980,128547,147050,166008,1923
333,214939,231903,248106,255628,258207,258997/
      DATA NR,NW,NUM/2,5,8/
      NBUF=-1
      PI=3.14159265359
      RAD=PI/180.
      NNNR=-1
C****LEITURA DA ASCENCAO RETA E DA DECLINACAO APROXIMADAS DA ESTRELA
C*****(DADOS)
      1 READ(NR,10)IALFH,IALFM,ALFS,IDE LG,IDELM,DELTS
      10 FORMAT(2I2,F5.2,I4,I3,F6.2)
      ALFR=(DFLOAT(IALFH)+DFLOAT(IALFM)/60.+ALFS/3600.)*15.*RAD
      DELTG=DFLOAT(IDE LG)+DFLOAT(IDELM)/60.+DELTS/3600.
      DELTR=DELTG*RAD
      IF(DELTG)50,20,20
      20 I=IDE LG/10+1
      J=10-I
      GO TO 40
      30 I=IDE LG/10
      J=IABS(I)+10
      40 LIMS=(I-1)*10
      LIM1=:*10
      XLIMS=LIMS
      XLIM1=LIM1
      DELS=DABS(DELTG-XLIMS)
      DELI=DABS(DELTG-XLIM1)
      IF(1./60.-DELS)50,60,70
C*****A DECLINACAO NAO ESTA PROXIMA DOS EXTREMOS DO INTERVALO
      50 IF(1./60.-DELI)60,60,80
      60 ITEST=1
      GO TO 90
C*****A DECLINACAO ESTA MUITO PROXIMA DO EXTREMO SUPERIOR DO INTERVALO
C*****TERA QUE SER PESQUISADO O INTERVALO IMEDIATAMENTE SUPERIOR
      70 ITEST=3
      GO TO 90
C*****A DECLINACAO ESTA MUITO PROXIMA DO EXTREMO INFERIOR DO INTERVALO
C*****TERA QUE SER PESQUISADO O INTERVALO IMEDIATAMENTE INFERIOR
      80 ITEST=2
      90 CALL ESTAR(J,INFSUP,LSTAR,DELTR,ALFR,NS,DPROX)
      GO TO (130,95,105) ITEST
      95 IF (J-1) 130,130,100
      100 J=J-1
      GO TO 115
      105 IF(J-18)110,130,130
      110 J=J+1
      115 CALL ESTAR(J,INFSUP,LSTAR,DELTR,ALFR,NS1,DPROX1)
      IF(DPROX-DPROX1)130,130,125
      125 NS=NS1
      CALL ESTLV(NS,NREG,I)
      IF(NREG-NBUF) 130,135,130
      130 READ(NUM,NREG)LSTAR

```



```

C*****ASCENCAU RETA DA ESTRELA PROCURADA
  INIT=1*32+5
  LENG=31
  K=ITRA(LSTAR,I,INIT,LENG)
  ALFP=DFLOAT(K)/(2**26)
C*****DECLINACAO DA ESTRELA PROCURADA
  INIT=0*32+1
  LENG=1
  KS=ITRA(LSTAR,I,INIT,LENG)
  INIT=0*32+2
  LENG=30
  K=ITRA(LSTAR,I,INIT,LENG)
  IF(KS)451,451,452
452 K=-K
451 DELTP=DFLOAT(K)/(2**26)
C*****MOVIMENTO PROPRIO ANUAL EM ASCENCAO RETA DA ESTRELA PROCURADA
  INIT=3*32+13
  LENG=1
  KS=ITRA(LSTAR,I,INIT,LENG)
  INIT=3*32+14
  LENG=17
  K=ITRA(LSTAR,I,INIT,LENG)
  IF(KS)461,461,462
462 K=-K
461 AMUP=DFLOAT(K)/(2**31)
C*****MOVIMENTO PROPRIO EM DECLINACAO DA ESTRELA PROCURADA
  INIT=2*32+9
  LENG=1
  KS=ITRA(LSTAR,I,INIT,LENG)
  INIT=2*32+10
  LENG=17
  K=ITRA(LSTAR,I,INIT,LENG)
  IF(KS)471,471,472
472 K=-K
471 DMUP=DFLOAT(K)/(2**31)
  ARH=ALFP/RAD/15.
  IARH=ARH
  RALF=DFLOAT(IARH)
  ARM=(ARH-IARH)*60.
  IARM=ARM
  RALFM=FLOAT(IARM)
  ARS=(ARM-RALFM)*60.
  IDEC=DELTP
  RDEC=DFLOAT(IDEC)
  DECM=(IDECP-IDECP)*60.
  IDECM=DECM
  RDECM=DFLOAT(IDECM)
  DECS=(DECM-RDECM)*60.
  AMU=(AMUP/RAD)*3600./15.
  DMU=(DMUP/RAD)*3600.
  WRITE(NR,500)IPROX,IARH,IARM,ARS,IDECP,IDECM,DECS,AMU,DMU
500 FORMAT('SAG'1X,17,2I2,F7.4,2I3,F8.4,F7.5,F6.4)
  IDECM=IABS(IDECM)
  DECS=DABS(DECS)
  WRITE(NW,550)IPROX,IARH,IARM,ARS,IDECP,IDECM,DECS,AMU,DMU
550 FORMAT(3X'SAG'17,3X,I2,3X,I2,3X,F7.4,19,3X,I2,3X,F7.4,6X,F7.5,6X,F
16.4)
  CALL EXIT

```

```

*****
***** SUBROTINA 2 - ESTAR - *****
*****
SUBROUTINE ESTAR(J,INFSUP,LSTAR,DELTR,ALFR,NS,DPROX)
C****FORNECE O NUMERO, A ASCENCAO RETA E A DECLINACAO DA ESTRELA QUE
C****MAIS SE APROXIMA DA ESTRELA DADA NUM INTERVALO
DIMENSION INFSUP(18,2),LSTAR(650)
COMMON PI,RAU,NUM,NBUF
INF=INFSUP(J,1)
INF1=INF
ISUP=INF-SUP(J,2)
ISUP1=ISUP
10 INTER=ISUP-INF
IF(INTER-1)60,60,20
20 MED=(ISUP+INF)/2
C****ASCENCAO RETA DA ESTRELA MEDIA
CALL ESTLN(MED,NREG,I)
IF(NBUF-NREG)24,25,24
24 READ(NUM,NREG)LSTAR
NBUF=NREG
25 INIT=1*32+5
LENG=31
K=ITRA(LSTAR,I,INIT,LENG)
ALFAM=DFLOAT(K)/(2**26)
IF(ALFR-ALFAM)30,40,50
30 ISUP=MED
GO TO 10
40 ISUP=MED
INF=MED
GO TO 60
50 INF=MED
GO TO 10
60 IBAIX=INF-10
IALTO=ISUP+10
IDX=IBAIX-INF1
IF(IDX)70,100,80
70 IBAIX=INF1
IALTO=IALTO+IABS(INF1-INF)
GO TO 100
80 IDX=IALTO-ISUP1
IF(IDX)100,100,90
90 IALTO=ISUP1
IBAIX=IBAIX-IABS(ISUP-ISUP1)
100 KEY=0
IF(IBAIX)104,104,105
104 IBAIX=1

```

```

105 DO 160 NS=IBAIX,IALTO
    CALL ESTLN(NS,NN,I)
    IF(NN-NBUF) 106,107,106
106 READ(NUM*NN)LSTAR
    NBUF=NN
107 INIT=0*32+1
    LENG=1
    KS=ITRA(LSTAR,I,INIT,LENG)
    INIT=0*32+2
    LENG=30
    K=ITRA(LSTAR,I,INIT,LENG)
    IF(KS)120,120,110
110 K=-K
120 DELTB=DFLOAT(K)/(2**26)
    IF(KEY)140,130,140
130 DPROX=DABS(DELTR-DELTB)
    KEY=1
    IPROX=NS
    GO TO 160
140 DPROX1=DABS(DELTR-DELTB)
    IF(DPROX1-DPROX)150,160,160
150 DPROX=DPROX1
    IPROX=NS
160 CONTINUE
    NS=IPROX
    RETURN
    END

```

```

*****
***** SUBROTINA 3 - ESTLN - *****
*****
SUBROUTINE ESTLN(NESTLA,NREG,NSTAR)
C*****IDENTIFICA A ESTRELA NO DISCO
    NREG=NESTLA/50
    IF(NESTLA-50*NREG)1,2,1
    1 NSTAR=NESTLA-50*NREG
    NREG=NREG+1
    RETURN
    2 NSTAR=50
    RETURN
    END

```

```

*****
***** SUBROTINA 4 - ITRA - *****
*****
ITRA      START 0
          USING #,15
R0        EQU 0
R1        EQU 1  PARAMETER LIST ADDRESS
R2        EQU 2  ENDERECO DO STRING
R3        EQU 3  NUMERO DA ESIRELA (ENTRE 1 A 50)
R4        EQU 4  BIT INICIAL A SER TRANSFERIDO
R5        EQU 5  NUMERO DE BITS A SEREM TRANSFERIDOS
R6        EQU 6  CONSTANTE INTEIRA DE RETORNO
R7        EQU 7
R8        EQU 8
R9        EQU 9
R10       EQU 10
R11       EQU 11
R12       EQU 12
R13       EQU 13  SAVE AREA
R14       EQU 14  RETURN
R15       EQU 15  ENTRY POINT
          STM   R14,R12,12(R13)
          LM   R2,R5,0(R1)
          L    R3,0(R3)
          LR   R6,R2
          SR   R2,R2
          M    R2,CTE52
          S    R3,CTE52
          LR   R2,R6
          AR   R2,R3
          L    R8,0(R4)
          SRDL R8,32
          D    R8,OITO
          SR   R10,R10
          L    R11,0(R9,R2)
          S    R8,UM
          SLL  R11,0(R8)
          L    R5,0(R5)
          SLDL R10,0(R5)
          ST   10,SAVE
          LM   R14,R12,12(R13)
          L    0,SAVE
          BR   R14
SAVE      DS   F
OITO     DC   F'8'
UM       DC   F'1'
CTE52    DC   F'52'
          END

```

7 - PROGRAMA EM LINGUAGEM FORTRAN PARA  
REDUÇÃO DE COORDENADAS DA ÉPOCA DO  
CATÁLOGO ( $T_0$ ) PARA A ÉPOCA DA OB-  
SERVAÇÃO (T).

O problema de redução de coordenadas da época do catálogo  $T_0$  para a época T é comum tanto em Astronomia Geodésica como em Geodésia Celeste. Nos capítulos 2 a 4 vimos a grande quantidade de cálculo que é necessária para, partindo das coordenadas médias do catálogo, se chegar às coordenadas aparentes do instante da observação principalmente se para esse cálculo for exigido rigor e se o número de estrelas for grande.

Elaboramos um programa em Linguagem FORTRAN que calcula as coordenadas aparentes da época T sendo dadas as coordenadas uranográficas médias da época  $T_0$  e as componentes em ascensão reta e declinação do movimento próprio. Quando conhecidas, devem ser dadas a paralaxe e a velocidade radial da estrela. Também alguns dados função da época da observação terão que ser fornecidos tais como a época  $T_0$ , a época do início do ano mais próximo da época da observação, a fração do ano trópico correspondente ao instante T, a obliquidade da eclíptica na época T e os números diários de Bessel (A; B; C; D e f).

O programa calcula os termos em E da aberração, incluídos nas coordenadas do catálogo, e os retira dessas coordenadas. Por cálculo matricial calcula as coordenadas verdadeiras na época T (movimento próprio, precessão e nutação). Em seguida calcula as coordenadas aparentes (paralaxe e aberra -

ção circular anual). Calcula os termos em E da aberração no instante T e os introduz nas coordenadas aparentes. Imprime o número da estrela, a época do catálogo ( $T_0$ ), as coordenadas uranográficas dessa época, as componentes do movimento próprio, a época da observação (T) e as coordenadas aparentes nesta época. Apresentamos a seguir a listagem do programa e a tabela dos resultados.

PAGE 1

// JOB

LOG DRIVE    CART SPEC    CART AVAIL    PHY DRIVE  
0000            000B            000B            0000

V2 M12    ACTUAL    8K    CONFIG    8K

// FOR

\*LIST SOURCE PROGRAM

\*EXTENDED PRECISION

\*ONE WORD INTEGERS

\*IDCS(CARD,1403PRINTER)

C    REDUCAO DAS COORDENADAS URANDGRAFICAS DE ESTRELAS

C    FERNANDO HATSCHBACH

  DIMENSION U(3),Y(3,3),YU(3),R3Z(3,3),RITE(3,3),R3Q(3,3),PP(3,3),P(3,3),RIET(3,3),R3CSI(3,3),R1E(3,3),XNN(3,3),XN(3,3),PYU(3),VER(3),2ABPX(3),V3F(3,3),R2A(3,3),R1B(3,3),AB(3,3),V(3,3),VABPX(3),Z(3)

  NR=2

  NW=5

  WRITE(NW,100)

100   FORMAT(1H1)

  WRITE(NW,110)

110   FORMAT(120('')//,1X,'\*\*27X'REDUCAO DAS COORDENADAS DA EPOCA TO DO  
  1CATALOGO PARA A EPOCA Y'28X''//1X119('')//1X''1X'ESTRELA'2X''3X'  
  2TO'3X''5X'ALFA'5X''5X'DELTA'5X''3X'MPA'2X''3X'MPD'2X''6X'T'  
  37X''5X'ALFA'6X''4X'DELTA'6X''//1X''4X'H'5X''2X'ANO'3X''2X'H'2  
  4X''4X'S'4X''3X'C'2X'H'4X2H''3X''4X'S'3X''4X2H''2X''5X'ANO'6X'  
  5''2X'H'2X'M'4X'S'4X''3X'O'2X'H'3X2H''3X'')

  5   READ(NR,10)TO,TIN,TAL,DCSI,IETG,IETM,ETS,A,B,C,D,F

10   FORMAT(2F6.1,F9.7,F9.5,2I2,F6.3,5F8.4)

  PI=3.14159265359

  RAD=PI/180.

  DCSI=DCSI/3600.\*RAD

  ET=(FLOAT(IETG)+FLOAT(IETM)/60.+ETS/3600.)\*RAD

  A=A/3600.\*RAD

  B=B/3600.\*RAD

  C=C/3600.\*RAD

  D=D/3600.\*RAD

  F=F\*15./3600.\*RAD

15   READ(NR,20)D1,D2,IALFH,IALFM,ALFAS,IDELG,IDELM,DELTS,AMU,DMU,PA,VR  
  1,ML

20   FORMAT(2A5,2I2,F7.4,2I3,F8.4,F7.5,F6.4,F7.5,F5.1,120)

  ALFAL=(FLCAT(IALFH)+FLOAT(IALFM)/60.+ALFAS/3600.)\*15.\*RAD

  DELTL=(FLCAT(IDELG)+FLOAT(IDELM)/60.+DELTS/3600.)\*RAD

C   CALCULO DCS TERMOS EM E DA ABERRACAO PARA A EPOCA DO CATALOGO

  TZERO=(TO-1900.)/100.

  EZERO=(23.+27./60.+8.26/3600.-46.845/3600.\*TZERO-.0059/3600.\*TZERC

  1\*\*2+.00181/3600.\*TZERO\*\*3)\*RAD

  TAUZE=((281.+13./60.+15./3600.)\*6189.03/3600.\*TZERO+1.63/3600.\*TZE

  1RO\*\*2+.012/3600.\*TZERO\*\*3)\*RAD

  WOS=TAUZE-PI

  EK=.343/3600.\*RAD

  DC=EK\*COS(WOS)\*COS(EZERO)

  DD=EK\*SIN(WOS)

  CP=COS(ALFAL)/COS(DELTL)

  DP=SIN(ALFAL)/COS(DELTL)

  CPL=SIN(EZERO)/COS(EZERO)\*COS(DELTL)-SIN(ALFAL)\*SIN(DELTL)

  DPL=COS(ALFAL)\*SIN(DELTL)

  DALFA=CP\*DC+DP\*DD

PAGE 2

```

C      DDDELT=CPL*DC+DPL*DD
      CALCULO DAS COORDENANDAS SEM OS TERMOS EM E
      ALFAO=ALFAL-DALFA
      DELTO=DELTL-DDDELT
C      CALCULO DO MOVIMENTO PROPRIO
      AMUL=SQRT((15.*AMU*COS(DELTO))**2+DMU**2)
      DSDT=-2.C47*PA*VR*AMUL/1000000.
      T=TIN-TO+TAL
      FMU=AMUL+.5*DSDT*T
      SCZO=15.*AMU*COS(DELTO)/FMU
      CCZO=DMU/FMU
      FMUT=FMU*T/3600.*RAD
      U(1)=-CCZO*SIN(FMUT)
      U(2)=SCZO*SIN(FMUT)
      U(3)=COS(FMUT)
      Y(1,1)=SIN(DELTO)*COS(ALFAO)
      Y(1,2)=-SIN(ALFAO)
      Y(1,3)=COS(DELTO)*COS(ALFAO)
      Y(2,1)=SIN(DELTO)*SIN(ALFAO)
      Y(2,2)=COS(ALFAO)
      Y(2,3)=COS(DELTO)*SIN(ALFAO)
      Y(3,1)=-COS(DELTO)
      Y(3,2)=0.
      Y(3,3)=SIN(DELTO)
C      CALL GMPRD(Y,U,YU,3,3,1)
      CALCULO DA PRECESSAO GERAL
      T1=T/100.
      QUI=((2304.250+1.396*TZERO)*T1+.302*T1**2+.018*T1**3)/3600.*RAD
      ZE=QUI+(1.791*T1**2+.001*T1**3)/3600.*RAD
      TETA=((2004.682-.853*TZERO)*T1-.426*T1**2-.042*T1**3)/3600.*RAD
      R3Z(1,1)=-SIN(ZE)
      R3Z(1,2)=-COS(ZE)
      R3Z(1,3)=0.
      R3Z(2,1)=COS(ZE)
      R3Z(2,2)=-SIN(ZE)
      R3Z(2,3)=0.
      R3Z(3,1)=0.
      R3Z(3,2)=0.
      R3Z(3,3)=1.
      RITE(1,1)=1.
      RITE(1,2)=0.
      RITE(1,3)=0.
      RITE(2,1)=0.
      RITE(2,2)=COS(TETA)
      RITE(2,3)=SIN(TETA)
      RITE(3,1)=0.
      RITE(3,2)=-SIN(TETA)
      RITE(3,3)=COS(TETA)
      R3Q(1,1)=COS(QUI)
      R3Q(1,2)=-COS(QUI)
      R3Q(1,3)=0.
      R3Q(2,1)=-SIN(QUI)
      R3Q(2,2)=SIN(QUI)
      R3Q(2,3)=0.
      R3Q(3,1)=0.
      R3Q(3,2)=0.
      R3Q(3,3)=1.
      CALL GMPRD(RITE,R3Q,PP,3,3,3)
      CALL GMPRD(R3Z,PP,P,3,3,3)

```



PAGE 3

```
C   CALCULO DA NUTACAO
      T2=(TIN+TAL-1900.)/100.
      E=(23.+27./60.+8.26/3600.-46.845/3600.*T2-.0059/3600.*T2**2+.00181
      I/3600.*T2**3)*RAD
      R1E(1,1)=1.
      R1E(1,2)=0.
      R1E(1,3)=0.
      R1E(2,1)=0.
      R1E(2,2)=COS(ET)
      R1E(2,3)=-SIN(ET)
      R1E(3,1)=0.
      R1E(3,2)=SIN(ET)
      R1E(3,3)=COS(ET)
      R3CSI(1,1)=COS(DCSI)
      R3CSI(1,2)=-SIN(DCSI)
      R3CSI(1,3)=0.
      R3CSI(2,1)=SIN(DCSI)
      R3CSI(2,2)=COS(DCSI)
      R3CSI(2,3)=0.
      R3CSI(3,1)=0.
      R3CSI(3,2)=0.
      R3CSI(3,3)=1.
      R1E(1,1)=1.
      R1E(1,2)=0.
      R1E(1,3)=0.
      R1E(2,1)=0.
      R1E(2,2)=COS(E)
      R1E(2,3)=SIN(E)
      R1E(3,1)=0.
      R1E(3,2)=-SIN(E)
      R1E(3,3)=COS(E)
      CALL GMPRD(R3CSI,R1E,XNN,3,3,3)
      CALL GMPRD(R1E,XNN,XN,3,3,3)
C   CALCULO DAS COORDENADAS VERDADEIRAS
      CALL GMPRD(P,YU,PYU,3,3,1)
      CALL GMPRD(XN,PYU,VER,3,3,1)
C   CALCULO DAS COORDENADAS APARENTES
      AK=20.40
      ABPX(1)=-D-C/COS(E)*PA/AK
      ABPX(2)=C-D*COS(E)*PA/AK
      ABPX(3)=C*SIN(E)/COS(E)-D*SIN(E)*PA/AK
      V3F(1,1)=1.
      V3F(1,2)=-E
      V3F(1,3)=0.
      V3F(2,1)=F
      V3F(2,2)=1.
      V3F(2,3)=0.
      V3F(3,1)=0.
      V3F(3,2)=0.
      V3F(3,3)=1.
      R2A(1,1)=1.
      R2A(1,2)=0.
      R2A(1,3)=-A
      R2A(2,1)=0.
      R2A(2,2)=1.
      R2A(2,3)=0.
      R2A(3,1)=A
      R2A(3,2)=0.
      R2A(3,3)=1.
```

```

R1B(1,1)=1.
R1B(1,2)=0.
R1B(1,3)=0.
R1B(2,1)=0.
R1B(2,2)=1.
R1B(2,3)=8
R1B(3,1)=0.
R1B(3,2)=-8
R1B(3,3)=1.
CALL GMPRD(R2A,R1B,AB,3,3,3)
CALL GMPRD(V3F,AB,V,3,3,3)
CALL GMPRD(V,ABPX,VABPX,3,3,1)
Z(1)=VABPX(1)+VER(1)
Z(2)=VABPX(2)+VER(2)
Z(3)=VABPX(3)+VER(3)
ALFP=(ATAN(Z(2)/Z(1))/RAD)/15.
IF(Z(2)/Z(1))21,27,31
21 IF(Z(1))24,25,26
24 ALFP=12.+ALFP
GO TO 35
25 ALFP=18.
GO TO 35
26 ALFP=24.+ALFP
GO TO 35
27 IF(Z(1))28,29,30
28 ALFP=12.
GO TO 35
29 ALFP=9999.
GO TO 35
30 ALFP=0.
GO TO 35
31 IF(Z(1))32,33,34
32 ALFP=12.+ALFP
GO TO 35
33 ALFP=6.
GO TO 35
34 ALFP=ALFP
35 DELP=(ATAN(Z(3)/SQRT(Z(1)**2+Z(2)**2)))/RAD
IARH=ALFP
RALF=FLOAT(IARH)
ALFM=(ALFP-IARH)*60.
IARM=ALFM
RALFM=FLOAT(IARM)
ALFS=(ALFM-RALFM)*60.
IDEC=DELP
RDEC=FLOAT(IDEC)
DECM=(DELP-IDEC)*60.
IDECM=DECM
RDECM=FLOAT(IDECM)
DECS=(DECM-RDECM)*60.
C CALCULO DCS TERMOS EM E DA ABERRACAO ATUALIZADOS
TAU=(281.+13./60.+15./3600.+6189.03/3600.*T2+1.63/3600.*T2**2+.012
1/3600.*T2**3)*RAD
WT=TAU-PI
DCF=EK*3600./RAD*COS(WT)*COS(E)
DDF=EK*3600./RAD*SIN(WT)
CPF=COS(ALFP*15.*RAD)/COS(DELP*RAD)
DPF=SIN(ALFP*15.*RAD)/COS(DELP*RAD)
CLF=SIN(E)/COS(E)*COS(DELP*RAD)-SIN(ALFP*15.*RAD)*SIN(DELP*RAD)

```

PAGE 5

```
DLF=COS(ALFP*15.*RAD)*SIN(DELP*RAD)
DAR=(CPF*DCF+DPF*DOF)/15.
DDE=CLF*DCF+DLF*DDF
ARSE=ALFS+DAR
DECSE=DECS+DDE
TU=TIN+IAL
IDECM=ABS(IDECM)
DECSE=ABS(DECSE)
IDELM=ABS(IDELM)
DELTS=ABS(DELTS)
130 FORMAT('**',2A5,'**F7.1,1X**'13,13,F8.4,1X**'14,13,F8.4,1X**'F7.4,
11X**'F7.4,1X,'**'F13.7,1X,'**'13,13,F8.4,1X**'14,13,F8.4**')
WRITE(NW,130)C1,D2,TC,IALFH,IALFM,ALFAS,ICELG,IDELM,DELTS,AMU,DMU,
1TU,IARH,IARM,ARSE,IDEC,IDECM,DECSE
IF(ML)5,15,150
150 WRITE(NW,160)
160 FORMAT(120('**'))
CALL EXIT
END
```

FEATURES SUPPORTED  
ONE WORD INTEGERS  
EXTENDED PRECISION  
IOCS

CORE REQUIREMENTS FOR  
COMMON 0 VARIABLES 764 PROGRAM 2560

END OF COMPILATION

// XEQ

\*\*\*\*\*  
 \* REDUÇAO DAS COORDENADAS DA EPOCA T0 DO CATALOGO PARA A EPOCA T \*  
 \*\*\*\*\*

ESTRELA	N	TO	ALFA	DELTA	MPA	MPD	T	ALFA	DELTA
		ANC	H M S	O ' ''	S	' ''	ANG	H M S	O ' ''
GC	23487*	1950.0	17 21 5.0480	40 1 21.1200	0.0004	-0.0700	1967.0223107	17 20 36.6208	40 0 8.0400*
FK4	1124*	1950.0	4 28 53.3850	42 57 33.0300	0.0003	0.0050	1974.8358016	4 31 41.5154	43 0 42.7761*
FK4	168*	1950.0	4 33 2.8960	16 24 37.5100	0.0045	-0.1890	1974.8358016	4 34 30.8970	16 27 38.2489*
FK4	188*	1950.0	5 5 23.3650	-5 8 53.5400	0.0067	-0.0800	1974.8358016	5 6 38.8201	-5 7 1.3057*
FK4	1141*	1950.0	5 6 16.5200	27 58 7.8500	0.0043	-0.0600	1974.8358016	5 8 12.7542	27 59 58.9514*
FK4	1342*	1950.0	13 14 6.0740	-31 14 31.6100	0.0028	-0.0550	1974.2608003	13 15 29.6264	-31 22 26.0223*
FK4	1351*	1950.0	13 31 5.7620	3 54 54.3600	0.0028	-0.0290	1974.2608003	13 32 51.8020	3 47 12.4197*
FK4	501*	1950.0	13 32 1.5540	0 20 27.5100	0.0191	0.0360	1974.2608003	13 33 25.0195	0 28 7.2788*
FK4	1357*	1950.0	13 41 1.6490	-15 55 42.0600	0.0006	-0.0110	1974.2608003	13 43 8.6232	-16 3 13.2682*
FK4	1359*	1950.0	13 47 0.0580	8 39 22.4000	0.0014	0.0050	1974.2608003	13 48 29.6070	8 31 55.2456*
FK4	510*	1950.0	13 47 0.9660	-17 53 9.1200	0.0071	-0.0410	1974.2608003	13 48 30.5172	-18 0 35.6442*
FK4	744*	1950.0	19 48 7.6200	-10 53 30.8100	0.0021	0.0340	1974.5346012	19 49 25.2132	-10 49 36.6662*
FK4	1519*	1950.0	19 50 6.6020	-3 14 43.3300	0.0014	0.0170	1974.5346012	19 52 1.1010	-3 10 44.7958*
FK4	1532*	1950.0	20 22 2.3450	-28 49 36.9300	0.0012	0.0110	1974.5346012	20 23 56.1040	-28 44 37.8675*
FK4	753*	1950.0	19 59 3.8300	-27 51 1.6400	0.0029	0.0190	1974.5346012	20 1 8.3710	-27 46 44.8420*

\*\*\*\*\*

## 8 - CONCLUSÕES

Pelo exposto neste trabalho deduzimos que a redução rigorosa das coordenadas médias de uma estrela, da época do catálogo para a época da observação, exige grande volume de cálculos. No caso de várias estrelas, por vezes mais de uma centena, sem auxílio de computador esta redução seria impraticável. Por esta razão elaboramos o programa em Linguagem Fortran capaz de, com apenas alguns dados de entrada relativos aos instante da observação e com elementos referentes à estrela, fornecer as coordenadas aparentes para a época desejada. Os dados da estrela podem ser obtidos diretamente de um catálogo impresso e perfurados em cartões no caso em que essas estrelas são conhecidas. Porém, quando dispomos apenas de valores aproximados da ascensão reta e da declinação mas não sabemos qual é a estrela, a primeira operação seria identificá-la. Esta identificação fica simplificada usando-se o catálogo do "Smithsonian Astrophysical Observatory" gravado em fitas magnéticas. Mas, de nada adiantariam estas fitas sem um programa para sua utilização. Dispunhamos destas fitas, porém não do programa. Aproveitamos este trabalho para apresentar também outro programa em Linguagem Fortran que identifica as estrelas a partir das coordenadas ucranográficas aproximadas, cujos dados de saída são impressos e também perfurados em cartões os quais serão os dados de entrada para o programa citado anteriormente.

Concluimos então que os dois programas apresentados podem ser de grande valia para trabalhos de Geodésia Celeste como também de Astronomia Geodésica e Astronomia de Posição.

APÉNDICES

CONSTANTES PRECESSIONAIS DO ANO.

PRECESSIONAL CONSTANTS, 1974

9

	Epoch 1974.0	Epoch 1975.0
Mean obliquity	$\epsilon$ $23^{\circ}26'33''.592 = 23^{\circ}.442664$	$23^{\circ}26'33''.123 = 23^{\circ}.442534$
Annual general precession	$p$ $50''.2728 = 0^{\circ}.0139647$	$50''.2731 = 0^{\circ}.0139618$
Annual precession in R.A.	$m$ $3^{\circ}.07372 = 46''.1057$	$3^{\circ}.07374 = 46''.1060$
Annual precession in Dec.	$n$ $1^{\circ}.33603 = 20''.0405$	$1^{\circ}.33603 = 20''.0404$
Rotation of the ecliptic		
Longitude of axis	$\Pi$ $174^{\circ}37'.6 = 174^{\circ}.627$	$174^{\circ}38'.1 = 174^{\circ}.636$
Annual rate of rotation	$\pi$ $0''.4706 = 0^{\circ}.0001307$	$0''.4706 = 0^{\circ}.0001307$
Angles defining total precession		
from epoch to equinox	$\zeta_0$ $-9'13''.25 = -36^{\circ}.883$	$-9'36''.31 = -38^{\circ}.420$
and equator of 1950.0	$z$ $-9'13''.21 = -36^{\circ}.880$	$-9'36''.26 = -38^{\circ}.417$
	$\theta$ $-8'01''.00 = -32^{\circ}.066$	$-8'21''.04 = -33^{\circ}.402$
Coefficients for approximate reduction of R.A. and Dec.	$M$ $-73^{\circ}.764 = -1106''.46$	$-76^{\circ}.837 = -1152''.57$
	$N$ $-32^{\circ}.066 = -481''.00$	$-33^{\circ}.402 = -501''.04$
Coefficients for approximate reduction of ecliptic coordinates and orbital elements	$a$ $-20'06''.48 = -0^{\circ}.33513$	$-20'56''.76 = -0^{\circ}.34910$
	$b$ $-11''.30 = -0^{\circ}.003138$	$-11''.77 = -0^{\circ}.003268$
	$c$ $+5'18''.9 = +5^{\circ}.315$	$+5'18''.2 = +5^{\circ}.304$
	$c'$ $+5'30''.0 = +5^{\circ}.651$	$+5'39''.2 = +5^{\circ}.653$

Formulae for reduction to 1950.0

$$\begin{aligned} z_0 &= z + M + N \sin \alpha_m \tan \delta_m \\ \delta_0 &= \delta + N \cos \alpha_m \\ \lambda_0 &= \lambda + a + b \cos (\lambda + c) \tan \beta \\ \beta_0 &= \beta + b \sin (\lambda + c) \\ \Omega_0 &= \Omega + a + b \sin (\Omega + c) \cot i \\ i_0 &= i + b \cos (\Omega + c) \\ \omega_0 &= \omega + b \sin (\Omega + c) \operatorname{cosec} i \end{aligned}$$

Formulae for reduction from 1950.0

$$\begin{aligned} z &= z_0 - M - N \sin \alpha_m \tan \delta_m \\ \delta &= \delta_0 - N \cos \alpha_m \\ \lambda &= \lambda_0 - a + b \cos (\lambda_0 + c) \tan \beta_0 \\ \beta &= \beta_0 - b \sin (\lambda_0 + c) \\ \Omega &= \Omega_0 - a + b \sin (\Omega_0 + c) \cot i_0 \\ i &= i_0 - b \cos (\Omega_0 + c) \\ \omega &= \omega_0 - b \sin (\Omega_0 + c) \operatorname{cosec} i_0 \end{aligned}$$

Subscript zero refers to epoch 1950.0;  $\alpha_m, \delta_m$  refer to the mean epoch.

Functions for epoch 1974.0

$$\begin{aligned} \sin \epsilon &+ 0.39783117 \operatorname{cosec} \epsilon + 2.51362906 \\ \cos \epsilon &+ 0.91745864 \sec \epsilon + 1.08996739 \\ \tan \epsilon &+ 0.43362301 \cot \epsilon + 2.30615070 \\ \sin \theta &- 0.00233193 \tan \frac{1}{2}\theta - 0.00116597 \\ \cos \theta &+ 0.99999728 \end{aligned}$$

Functions for epoch 1975.0

$$\begin{aligned} \sin \epsilon &+ 0.39782909 \operatorname{cosec} \epsilon + 2.51364223 \\ \cos \epsilon &+ 0.91745954 \sec \epsilon + 1.08996632 \\ \tan \epsilon &+ 0.43362031 \cot \epsilon + 2.30616505 \\ \sin \theta &- 0.00242909 \tan \frac{1}{2}\theta - 0.00121455 \\ \cos \theta &+ 0.99999703 \end{aligned}$$

Formulae for the reduction of equatorial rectangular coordinates

$$\begin{aligned} \text{To } 1950.0 \text{ from } 1974.0 \quad x &= +0.99998289x_0 + 0.00536422y_0 + 0.00233192z_0 \\ y &= -0.00536422x_0 + 0.99998561y_0 - 0.00000625z_0 \\ z &= -0.00233192x_0 - 0.00000625y_0 + 0.99999728z_0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{To } 1974.0 \text{ from } 1950.0 \quad x_0 &= +0.99998289x - 0.00536422y - 0.00233192z \\ y_0 &= +0.00536422x + 0.99998561y - 0.00000625z \\ z_0 &= +0.00233192x - 0.00000625y + 0.99999728z \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{To } 1950.0 \text{ from } 1975.0 \quad x &= +0.99998144x_0 + 0.00558774y_0 + 0.00242908z_0 \\ y &= -0.00558774x_0 + 0.99998439y_0 - 0.00000679z_0 \\ z &= -0.00242908x_0 - 0.00000679y_0 + 0.99999705z_0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{To } 1975.0 \text{ from } 1950.0 \quad x_0 &= +0.99998144x - 0.00558774y - 0.00242908z \\ y_0 &= +0.00558774x + 0.99998439y - 0.00000679z \\ z_0 &= +0.00242908x - 0.00000679y + 0.99999705z \end{aligned}$$

APÊNDICE I (continuação) - Exemplo de uma página do A.E.N.A. de 1974 onde são tabelados os

NÚMEROS DIÁRIOS DE BESSEL.

310

BESSELIAN DAY NUMBERS, 1974

FOR 0<sup>h</sup> EPHEMERIS TIME

Date	A	B	C	D	E	dψ	dε	τ	S.T.
"	"	"	"	"	(0 <sup>o</sup> .0001)	(0 <sup>o</sup> .001)			b
Feb. 15	+ 9.828	+0.504	-15.579	+11.495	+ 27	- 63	- 74	+0.1239	9.6
16	9.902	0.508	15.764	11.194	27	+ 2	- 87	.1267	9.7
17	9.977	0.496	15.944	10.890	27	+ 71	- 85	.1294	9.8
18	10.048	0.471	16.119	10.582	27	+131	- 69	.1321	9.8
19	10.112	0.435	16.289	10.271	27	+173	- 42	.1349	9.9
20	+10.162	+0.392	-16.453	+ 9.956	+ 27	+186	- 7	+0.1376	10.0
21	10.201	0.346	16.612	9.638	27	+167	+ 30	.1404	10.0
22	10.225	0.308	16.766	9.317	27	+116	+ 61	.1431	10.1
23	10.239	0.277	16.914	8.993	27	+ 39	+ 84	.1458	10.2
24	10.245	0.263	17.057	8.666	27	- 55	+ 91	.1486	10.2
25	+10.251	+0.265	-17.194	+ 8.337	+ 27	-148	+ 83	+0.1513	10.3
26	10.264	0.284	17.325	8.005	27	-225	+ 58	.1540	10.4
27	10.289	0.316	17.451	7.672	26	-268	+ 21	.1568	10.4
28	10.331	0.353	17.570	7.336	26	-268	- 21	.1595	10.5
Mar. 1	10.392	0.386	17.684	6.998	26	-219	- 59	.1623	10.6
2	+10.469	+0.407	-17.792	+ 6.659	+ 26	-129	- 84	+0.1650	10.6
3	10.555	0.410	17.894	6.318	27	- 15	- 90	.1677	10.7
4	10.641	0.389	17.991	5.976	27	+100	- 72	.1705	10.8
5	10.716	0.352	18.083	5.633	27	+187	- 37	.1732	10.8
6	10.771	0.303	18.169	5.289	27	+226	+ 10	.1759	10.9
7	+10.802	+0.259	-18.250	+ 4.944	+ 27	+207	+ 53	+0.1787	11.0
8	10.816	0.229	18.325	4.598	27	+142	+ 82	.1814	11.0
9	10.818	0.221	18.395	4.250	26	+ 51	+ 90	.1842	11.1
10	10.820	0.236	18.461	3.902	26	- 40	+ 76	.1869	11.2
11	10.831	0.269	18.521	3.552	26	-108	+ 44	.1896	11.2
12	+10.858	+0.311	-18.576	+ 3.202	+ 26	-137	+ 4	+0.1924	11.3
13	10.899	0.353	18.625	2.850	26	- 129	- 35	.1951	11.3
14	10.953	0.387	18.669	2.498	26	- 87	- 66	.1979	11.4
15	11.015	0.409	18.707	2.144	26	- 24	- 84	.2006	11.5
16	11.081	0.417	18.740	1.789	26	+ 47	- 87	.2033	11.5
17	+11.145	+0.410	-18.767	+ 1.434	+ 26	+114	- 75	+0.2061	11.6
18	11.201	0.392	18.789	1.078	26	+163	- 51	.2088	11.7
19	11.248	0.366	18.804	0.722	26	+187	- 18	.2115	11.7
20	11.281	0.337	18.814	0.365	26	+178	+ 18	.2143	11.8
21	11.301	0.311	18.818	+ 0.009	26	+137	+ 52	.2170	11.9
22	+11.311	+0.293	-18.816	- 0.348	+ 26	+ 68	+ 78	+0.2198	11.9
23	11.312	0.291	18.808	0.705	25	- 21	+ 90	.2225	12.0
24	11.312	0.305	18.794	1.061	25	-115	+ 86	.2252	12.1
25	11.316	0.336	18.774	1.417	25	-197	+ 65	.2280	12.1
26	11.333	0.382	18.748	1.772	25	-249	+ 30	.2307	12.2
27	+11.366	+0.436	-18.716	- 2.126	+ 25	-258	- 12	+0.2334	12.3
28	11.418	0.488	18.679	2.479	25	-220	- 51	.2362	12.3
29	11.488	0.529	18.635	2.831	25	-139	- 79	.2389	12.4
30	11.568	0.553	18.586	3.181	25	- 32	- 89	.2417	12.5
31	11.619	0.556	18.531	3.529	25	+ 78	- 78	.2444	12.5
1	11.671	0.549	18.471	3.876	+ 25	+167	- 47	.2471	12.5
2	11.730	0.511	18.405	4.211	+ 25	+218	- 5	.2499	12.7



APÊNDICE I (continuação) - Exemplo de uma página do A.E.N.A. de  
1974 onde são tabelados os

NÚMEROS DIÁRIOS INDEPENDENTES.

INDEPENDENT DAY NUMBERS, 1974

311

FOR 0<sup>h</sup> EPHEMERIS TIME

Date	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>G</i>	<i>h</i>	<i>H</i>	<i>i</i>	<i>f'</i>	<i>g'</i>	<i>G'</i>
	"	"	h m s	"	h m s	"	( <sup>o</sup> 0001)	( <sup>o</sup> 001)	h m
Feb. 15	+1.5101	9.841	0 11 45	19.361	20 25 41	-6.755	- 39	78	7 15
16	1.5214	9.915	0 11 45	19.334	20 21 31	6.836	+ 1	87	5 58
17	1.5330	9.989	0 11 23	19.308	20 17 20	6.914	+ 43	90	4 47
18	1.5439	10.059	0 10 44	19.282	20 13 08	6.990	+ 80	86	3 32
19	1.5536	10.121	0 09 51	19.257	20 08 56	7.063	+106	81	2 06
20	+1.5614	10.170	0 08 50	19.231	20 04 43	-7.124	+114	74	0 22
21	1.5672	10.207	0 07 46	19.205	20 00 29	7.203	+102	73	22 23
22	1.5710	10.230	0 06 54	19.181	19 56 15	7.270	+ 71	76	20 28
23	1.5730	10.243	0 06 12	19.156	19 52 00	7.334	+ 24	85	18 42
24	1.5740	10.248	0 05 53	19.132	19 47 44	7.396	- 34	94	17 06
25	+1.5750	10.254	0 05 55	19.109	19 43 28	-7.456	- 91	102	15 38
26	1.5768	10.268	0 06 20	19.085	19 39 12	7.513	-138	107	14 12
27	1.5807	10.294	0 07 02	19.063	19 34 56	7.567	-161	109	12 45
28	1.5872	10.337	0 07 50	19.040	19 30 39	7.619	-164	109	11 15
Mar. 1	1.5965	10.399	0 08 31	19.018	19 26 22	7.668	-134	105	9 44
2	+1.6083	10.477	0 08 54	18.997	19 22 05	-7.715	- 79	98	8 06
3	1.6215	10.563	0 08 54	18.977	19 17 47	7.759	- 9	90	6 15
4	1.6347	10.648	0 08 22	18.958	19 13 30	7.801	+ 61	82	4 04
5	1.6462	10.722	0 07 32	18.940	19 09 13	7.841	+114	83	1 46
6	1.6546	10.775	0 06 27	18.923	19 04 55	7.878	+138	90	23 35
7	+1.6595	10.805	0 05 30	18.908	19 00 38	-7.914	+127	98	21 49
8	1.6615	10.818	0 04 51	18.893	18 56 21	7.946	+ 87	100	20 18
9	1.6618	10.820	0 04 41	18.880	18 52 02	7.976	+ 31	92	18 51
10	1.6622	10.823	0 05 00	18.869	18 47 44	8.005	- 24	78	17 13
11	1.6638	10.834	0 05 41	18.859	18 43 26	8.031	- 66	62	15 03
12	+1.6679	10.862	0 06 34	18.850	18 39 07	-8.055	- 84	55	12 17
13	1.6741	10.905	0 07 25	18.842	18 34 48	8.076	- 79	62	9 43
14	1.6825	10.960	0 08 06	18.835	18 30 29	8.095	- 53	75	7 51
15	1.6921	11.023	0 08 30	18.829	18 26 09	8.112	- 15	85	6 26
16	1.7021	11.089	0 08 37	18.825	18 21 49	8.126	+ 29	89	5 12
17	+1.7119	11.153	0 08 26	18.822	18 17 29	-8.138	+ 70	88	3 55
18	1.7205	11.208	0 08 01	18.820	18 13 08	8.147	+100	82	2 33
19	1.7277	11.254	0 07 27	18.818	18 08 48	8.154	+114	77	0 54
20	1.7328	11.286	0 06 51	18.818	18 04 27	8.158	+109	73	23 03
21	1.7359	11.305	0 06 18	18.818	18 00 07	8.160	+ 84	75	21 05
22	+1.7373	11.315	0 05 56	18.819	17 55 46	-8.159	+ 42	83	19 16
23	1.7375	11.316	0 05 54	18.821	17 51 25	8.156	- 13	90	17 39
24	1.7375	11.316	0 06 11	18.824	17 47 05	8.150	- 70	97	16 08
25	1.7381	11.321	0 06 48	18.827	17 42 44	8.141	-120	102	14 39
26	1.7406	11.339	0 07 43	18.832	17 38 24	8.130	-152	104	13 07
27	+1.7457	11.374	0 08 47	18.836	17 34 05	-8.116	-158	103	11 33
28	1.7538	11.428	0 09 47	18.843	17 29 46	8.100	-135	101	9 59
29	1.7644	11.500	0 10 33	18.849	17 25 27	8.081	- 85	96	8 20
30	1.7767	11.581	0 10 57	18.856	17 21 09	8.059	- 20	90	6 33
31	1.7902	11.662	0 10 56	18.861	17 16 51	8.031	+ 38	81	4 13
Apr. 1	1.8054	11.735	0 10 33	18.873	17 12 34	8.000	- 1	71	2 11
2	1.8212	11.791	0 10 10	18.881	17 08 17	7.966	- 11	60	0 43

APÊNDICE II - Exemplo de uma circular D do B.I.H. onde são publicadas as

COORDENADAS DO POLO.

BUREAU INTERNATIONAL DE L'HEURE

(B.I.H.)

61, Avenue de l'Observatoire  
75014 - PARIS

Circular D99  
Paris, 1975 February 5

1 - UNIVERSAL TIME AND COORDINATES OF THE POLE

Date		smoothed values				raw values			UT1-TAI s
(Oh UT) 1974-75	MJD	x 0:001	y 0:001	UT2-UTC 0.0001s	UT1-UTC 0.0001s	x 0:001	y 0:001	UT1-UTC 0.0001s	
Dec. 3	42 384	- 31	+271	-2273	-2151	- 41	+267	-2146	-13.2151
8	389	- 33	+273	-2405	-2298	- 41	+284	-2283	2298
13	394	- 35	+275	-2529	-2437	- 23	+265	-2445	2437
18	399	- 36	+277	-2648	-2569	- 28	+272	-2571	2569
23	404	- 37	+279	-2767	-2700	- 18	+269	-2684	2700
28	409	- 38	+280	-2886	-2829	- 30	+274	-2831	2829
Jan. 2	414	- 39	+281	+6991	+7039	- 26	+269	+7050	2961
Dec. 31, 24h	413	- 39	+281	-2984	-2935	before the UTC time step			
Jan. 1, Oh	"	"	"	+7016	+7065	after the UTC time step			

TAI-UTC is exactly + 13s from 1974 Jan. 1st, Oh UTC,  
to 1974 Dec. 31, 23h 59m 60s UTC ;  
+ 14s since 1974 Jan. 1st, Oh UTC.

2 - EMISSION TIME OF TIME SIGNALS, for December 1974

a - Time signals emitted in the UTC system, within  $\pm 0.0002s$ .

CHU, DAM, DAN, DAO, DCF77, DGI, DIZ, FFH, FTA91, FTH42, FTK77,  
FTNS7, GBR, HBG, IAM, IBF, JJY, LOL, MSF, NSS(hf), OMA, PPE, RWM  
(and other signals from USSR), VNG, WWV, WWVE, WWVH, ZUO.

b - Other time signals (unit : 0.0001s) : UTC-OLB5 = + 8.

3 - UNIVERSAL TIME (COORDINATED)

a - From LORAN-C and Television pulses receptions

Date 1974	Nov. 8	Nov. 18	Nov. 28	Dec. 8	Dec. 18	Dec. 28
MJD	42 359	42 369	42 379	42 389	42 399	42 409
Laboratory i	UTC-UTC(i)					
	(unit : 1 $\mu$ s)					
DHI (Hamburg)	+ 2.3	+ 2.4	+ 2.1	+ 2.0	+ 2.1	+ 2.4
FOA (Stockholm)	+ 35.1	+ 34.7	+ 34.1	+ 33.7	+ 33.1	+ 32.7
IEN (Torino)	- 10.0	- 9.8	- 10.1	- 10.5	- 10.8	- 11.0
NBS (Boulder)	- 2.1	- 2.3	- 2.1	- 2.2	- 2.2	- 2.5
NPL (Teddington)	- 40.2	- 40.2	- 40.8	- 41.0	- 41.0	- 40.9
NRC (Ottawa)	+ 1.2	+ 1.3	+ 2.0	+ 2.0	+ 1.9	+ 2.2
OMSF (San Fernando)	+ 3.8	+ 4.6	+ 5.3	+ 5.8	+ 6.7	+ 7.6

P. T. O.

APÊNDICE III - Exemplo de um boletim mensal do Serviço Internacional do Movimento do Polo onde são publicadas as COORDENADAS DO POLO.

20 December 1974

**MONTHLY NOTES  
OF  
THE INTERNATIONAL POLAR MOTION SERVICE**

1974-No. 10 (October)

This announces the values of latitudes observed at the collaborating stations during October 1974 and received at the Central Bureau by 20 December 1974.

Results with the PZT at Neuchâtel during 16 July - September 1974, the PZT at Punta Indio during August - September 1974, the astrolabe at San Juan during August 1974, the VZT at Gorky during September 1974 and those of the visual zenith tube at Turku during September 1974 are given on the last two pages of this issue as addenda.

Minor amendments in the results of the PZT at Mt. Stromlo during August - September 1974 are given on the last page.

The PZT of Washington was brought into service in October 1974 after 2 month intermission of service due to a renovation of the instrument.

Central Bureau of the International Polar Motion Service,  
International Latitude Observatory of Mizusawa,  
Mizusawa-shi, Iwate-ken, Japan.

Coordinates of the Instantaneous Pole (Preliminary)

(Unit : 0''.001)

Monthly				y Every 0.05				
Month	Besselian Year	x	y	Besselian Year	CIO		1968 Origin	
					x	y	x1	y1
1974 Sept.	1974.722	+101	+224	1974.60	+ 85	+201	+ 68	- 43
Oct.	.806	(+ 74)	(+265)	.65	+ 87	+212	+ 70	- 31
				.70	(+ 93)	(+225)	(+ 76)	(- 18)
				.75	(+ 92)	(+230)	(+ 75)	(- 4)
				.80	(+ 81)	(+256)	(+ 64)	(+ 13)

APÊNDICE IV - Exemplo de uma página da esquerda do

FK3.

Nr.	Name	Gr.	Sp.	Épouche	$\alpha$	$\frac{d\alpha}{dT}$	$\frac{d^2\alpha}{dT^2}$	$\mu$	$\frac{d\mu}{dT}$
217	$\gamma$ Lep	3.80	F 8	1925	<sup>h</sup> 5 41 <sup>m</sup> 20.133	+250.138	+0.196	-2.050	-0.027
				1950	5 42 22.674	+250.187	+0.193	-2.057	-0.028
218	130 Taur	5.51	F 0	1925	5 43 3.699	+349.774	+0.353	-0.043	0.000
				1950	5 44 31.153	+349.860	+0.337	-0.043	0.000
219	$\zeta$ Lep	3.67	A 2	1925	5 43 33.343	+271.824	+0.250	-0.118	0.000
				1950	5 44 41.307	+271.887	+0.247	-0.118	0.000
220	$\kappa$ Orio	2.20	B 0	1925	5 44 11.889	+284.524	+0.254	+0.020	0.000
				1950	5 45 23.028	+284.587	+0.250	+0.020	0.000
221	$\nu$ Auri	4.18	K 0	1925	5 46 17.389	+415.740	+0.466	-0.054	0.000
				1950	5 48 1.338	+415.852	+0.426	-0.054	+0.002
222	$\delta$ Lep	3.90	K 0	1925	5 48 5.609	+258.038	+0.139	+1.677	-0.048
				1950	5 49 10.213	+258.074	+0.137	+1.665	-0.048
223	$\beta$ Colm	3.22	K 0	1925	5 48 18.852	+211.429	+0.331	+0.386	+0.040
				1950	5 49 11.719	+211.512	+0.329	+0.396	+0.039
224	$\alpha$ Orio	0.92 <sup>1)</sup>	M 0	1925	5 51 6.615	+324.796	+0.248	+0.186	+0.001
				1950	5 52 27.822	+324.859	+0.237	+0.186	+0.001
226	$\eta$ Lep	3.77	F 0	1925	5 52 59.253	+273.242	+0.241	-0.280	+0.000
				1950	5 54 7.571	+273.302	+0.238	-0.287	+0.000
225	$\delta$ Auri	3.88	K 0	1925	5 53 21.010	+494.012	+0.363	+0.973	-0.024
				1950	5 55 24.523	+494.091	+0.269	+0.967	-0.024
227	$\beta$ Auri	2.07	A 0 p	1925	5 54 1.555	+440.097	+0.308	-0.497	0.000
				1950	5 55 51.588	+440.167	+0.252	-0.497	-0.001
228	$\dagger \delta$ Auri	2.71	A 0 p	1925	5 54 36.337	+409.119	+0.246	+0.402	-0.000
				1950	5 56 18.624	+409.176	+0.207	+0.400	-0.000
229	$\eta$ Colm	4.03	K 0	1925	5 56 50.968	+183.596	+0.245	+0.129	-0.002
				1950	5 57 36.875	+183.657	+0.243	+0.129	-0.002
230	66 Orio	5.70	K 0	1925	6 1 0.505	+316.967	+0.174	-0.042	0.000
				1950	6 2 19.752	+317.010	+0.166	-0.042	-0.001
231	1 G. Pupp	6.22	F 8	1925	6 2 18.811	+172.605	+0.298	-0.885	+0.032
				1950	6 3 1.071	+172.679	+0.295	-0.877	+0.032
232	$\nu$ Orio	4.40	B 2	1925	6 3 17.309	+342.561	+0.135	+0.030	-0.001
				1950	6 4 42.953	+342.593	+0.122	+0.030	-0.002
233	36 Caml	5.39	K 0	1925	6 5 18.358	+603.776	-0.441	+0.122	-0.011
				1950	6 7 49.286	+603.637	-0.608	+0.119	-0.011
235	$\delta$ Piet	4.84	B 1	1925	6 8 50.176	+116.728	+0.182	-0.193	+0.003
				1950	6 9 19.364	+116.773	+0.178	-0.192	+0.002
236	$\dagger \eta$ Gemi	3.2-4.2 var.	M 0	1925	6 10 20.964	+362.177	+0.026	-0.481	-0.001
				1950	6 11 51.509	+362.181	+0.007	-0.481	-0.001
234	22 H. Caml	4.73	A 0	1925	6 10 35.025	+661.557	-1.341	+0.095	-0.054
				1950	6 13 20.369	+661.181	-1.699	+0.082	-0.054
239	$\alpha$ Mens	5.14	K 0	1925	6 12 28.592	-178.326	-1.359	+3.083	-0.101
				1950	6 11 43.998	-178.656	-1.282	+3.035	-0.103
237	2 Lync	4.42	A 0	1925	6 13 0.356	+529.557	-0.663	-0.118	+0.005
				1950	6 15 12.723	+529.375	-0.792	-0.117	+0.005
238	$\kappa$ Colm	4.51	K 0	1925	6 13 52.921	+213.344	+0.213	-0.139	+0.008
				1950	6 14 46.264	+213.398	+0.211	-0.137	+0.008
240	$\zeta$ CMaj	3.10	B 3	1925	6 17 25.963	+230.306	+0.186	+0.045	0.000
				1950	6 18 23.545	+230.353	+0.185	+0.045	0.000
241	$\mu$ Gemi	3.19	M 0	1925	6 18 25.352	+363.004	-0.094	+0.405	-0.008
				1950	6 19 50.100	+362.978	-0.113	+0.403	-0.009
242	$\psi^1$ Auri	5.10	K 2	1925	6 19 7.336	+462.265	-0.571	+0.011	0.000
				1950	6 21 2.884	+462.114	-0.630	+0.011	-0.001
243	$\beta$ CMaj	1.99	B 1	1925	6 19 23.748	+264.191	+0.153	-0.030	0.000
				1950	6 20 29.801	+264.239	+0.150	-0.036	0.000

APÊNDICE IV (continuação) - Exemplo de uma página da direita do

FK3.

Nr.	Epocho	$\delta$	$\frac{d\delta}{dT}$	$\frac{d^2\delta}{dT^2}$	$\mu'$	$\frac{d\mu'}{dT}$	Ep. ( $\alpha$ ) Ep. ( $\delta$ )	m ( $\alpha$ ) m ( $\delta$ )	m ( $\mu$ ) m ( $\mu'$ )	PGC Kich
217	1925	-22 28 18.58	+125.93	-36.12	-37.12	+0.30	01.0	2.8	13	1420
	1950	-22 27 48.22	+116.91	-36.12	-37.05	+0.30	98.6	4.4	20	353
218	1925	+17 42 8.45	+147.20	-50.90	- 0.81	0.00	05.1	2.5	16	1424
	1950	+17 42 43.06	+134.47	-50.93	- 0.81	+0.01	02.2	3.6	22	354
219	1925	-14 50 55.90	+143.17	-39.56	- 0.52	+0.02	02.0	2.3	13	1432
	1950	-14 50 21.34	+133.29	-39.58	- 0.52	+0.02	00.8	4.0	21	356
220	1925	- 9 41 42.57	+137.68	-41.44	- 0.41	-0.01	01.0	1.6	9	1435
	1950	- 9 41 9.44	+127.32	-41.46	- 0.41	-0.01	00.7	2.6	14	357
221	1925	+39 7 41.25	+120.53	-60.54	+ 0.69	+0.01	06.6	2.6	14	1442
	1950	+39 8 9.49	+105.39	-60.57	+ 0.69	+0.01	00.8	3.3	18	360
222	1925	-20 53 3.84	+ 39.25	-37.84	-64.82	-0.24	02.6	3.1	17	1456
	1950	-20 52 53.21	+ 29.79	-37.85	-64.88	-0.23	01.4	5.7	28	361
223	1925	-35 47 44.24	+142.60	-30.87	+40.44	-0.06	04.2	4.7	22	1459
	1950	-35 47 9.55	+134.88	-30.89	+40.43	-0.06	01.6	5.0	22	362
224	1925	+ 7 23 30.76	+ 78.88	-47.37	+ 1.15	-0.03	92.0	1.3	5	1468
	1950	+ 7 23 58.00	+ 67.04	-47.38	+ 1.14	-0.03	85.7	2.2	7	365
226	1925	-14 10 30.16	+ 75.06	-39.81	+13.75	+0.04	93.1	2.5	13	1476
	1950	-14 10 31.64	+ 65.12	-39.81	+13.76	+0.04	00.4	4.0	21	366
228	1925	+54 16 51.02	+ 45.50	-72.15	-12.64	-0.15	04.0	3.8	23	1472
	1950	+54 17 0.14	+ 27.47	-72.17	-12.68	-0.15	98.1	3.3	13	367
227	1925	+44 56 20.62	+ 51.97	-64.08	- 0.27	+0.07	95.8	2.7	12	1478
	1950	+44 56 40.01	+ 35.95	-64.10	- 0.25	+0.07	88.9	3.0	11	368
228	1925	+37 12 32.14	+ 38.88	-59.70	- 8.29	-0.06	00.7	2.5	13	1482
	1950	+37 12 40.00	+ 23.96	-59.70	- 8.31	-0.06	96.6	3.6	16	369
229	1925	-42 49 7.01	+ 25.82	-26.79	- 1.72	-0.02	06.2	5.8	35	1497
	1950	-42 49 1.39	+ 19.14	-26.79	- 1.73	-0.02	05.4	5.7	36	371
230	1925	+ 4 9 50.94	- 9.49	-46.19	- 0.67	+0.01	93.9	2.5	16	1514
	1950	+ 4 9 47.13	- 21.04	-46.19	- 0.67	+0.01	98.6	4.4	23	375
231	1925	-45 2 7.88	+ 4.41	-25.02	+24.65	+0.13	07.4	6.0	36	1521
	1950	-45 2 7.56	- 1.84	-25.03	+24.68	+0.13	05.8	6.6	33	276
232	1925	+14 46 43.54	- 31.04	-49.93	- 2.28	-0.01	97.4	1.7	9	1525
	1950	+14 46 34.22	- 43.52	-49.91	- 2.28	0.00	97.3	2.6	13	377
233	1925	+65 44 8.52	- 49.25	-87.99	- 2.85	-0.02	03.1	5.8	36	1530
	1950	+65 43 53.46	- 71.24	-87.92	- 2.85	-0.02	98.3	4.4	20	378
235	1925	-54 57 4.73	- 75.95	-16.95	+ 1.31	+0.02	07.0	7.4	44	1558
	1950	-54 57 24.25	- 80.19	-16.94	+ 1.32	+0.03	04.8	5.7	33	380
236	1925	+22 31 47.91	- 91.81	-52.63	- 1.32	+0.07	97.6	1.8	8	1561
	1950	+22 31 23.32	-104.96	-52.60	- 1.30	+0.07	94.5	2.6	11	381
234	1925	+69 20 55.04	-102.87	-96.30	-10.34	-0.01	02.0	5.4	33	1556
	1950	+69 20 27.21	-126.94	-96.16	-10.34	-0.01	99.8	3.3	17	382
239	1925	-74 43 40.82	-130.52	+25.56	-21.45	-0.45	08.6	18.1	161	1589
	1950	-74 44 12.65	-124.12	+25.61	-21.56	-0.44	07.0	6.6	50	385
237	1925	+59 2 24.35	-111.69	-77.01	+ 2.02	+0.02	05.1	4.4	23	1575
	1950	+59 1 54.93	-130.91	-76.91	+ 2.02	+0.02	01.0	3.3	17	386
238	1925	-35 6 52.75	-113.00	-30.97	+ 8.35	+0.02	05.3	4.7	27	1587
	1950	-35 7 21.97	-120.73	-30.97	+ 8.36	+0.02	04.6	5.0	30	387
240	1925	-30 1 44.75	-151.85	-33.41	+ 0.48	0.00	93.5	3.4	17	1601
	1950	-30 2 23.76	-160.20	-33.40	+ 0.48	-0.01	02.4	4.4	17	389
241	1925	+22 33 12.62	-172.18	-52.73	-11.23	-0.06	92.6	1.6	7	1604
	1950	+22 32 27.93	-185.36	-52.69	-11.25	-0.06	90.0	2.5	10	390
242	1925	+49 16 40.68	-167.59	-67.09	- 0.45	0.00	04.7	3.4	22	1606
	1950	+49 18 56.71	-184.26	-66.99	- 0.45	0.00	00.5	3.6	17	391
243	1925	-17 55 3.64	-169.80	-38.30	- 0.36	+0.01	01.8	1.8	9	1609
	1950	-17 55 47.29	-179.37	-38.29	- 0.36	+0.01	02.0	3.0	14	394

APÊNDICE IV (continuação) - Exemplo de uma página da esquerda do  
catálogo de estrelas adicionais  
(Katalog der Zusatzsterne) do FK3.

Kopff:

Nr.	Name	Gr.	Sp.	$\alpha_{1950}$	$\frac{da}{dT}$	$\frac{1}{2} \frac{d^2a}{dT^2}$	$\frac{1}{6} \frac{d^3a}{dT^3}$	$\mu$	$\frac{d\mu}{dT}$	Ep. (a)	m (a)	m ( $\mu$ )
151	$\chi$ Auri	4.88	B 1	5 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup> .247	+390.590	+0.353	-0.019	+0.004	0.000	08.3	2.9	14
152	20 G. Pict	5.54	G 5	5 28 46.871	+164.950	+0.177	-0.002	+0.143	-0.018	04.5	7.3	43
153	35 G. Colm	6.75	K 2	5 36 7.428	+238.996	+0.130	-0.001	+0.080	-0.001	08.4	6.1	61
154	$\delta$ Dora	4.52	A 5	5 44 40.906	+ 10.804	+0.408	-0.001	-0.507	+0.003	04.7	10.6	58
155	142 G. Orio	5.95	G 5	5 46 5.762	+298.117	+0.115	-0.004	+0.366	-0.013	11.9	3.6	38
156	$\gamma$ Pict	4.38	K 0	5 48 54.989	+108.964	+0.185	-0.003	+0.836	-0.014	06.9	10.2	62
157	$\xi$ Auri	4.92	A 2	5 50 39.197	+502.857	+0.285	-0.068	-0.167	+0.004	11.2	6.0	32
158	136 Taur	4.54	A 0	5 50 10.989	+377.167	+0.153	-0.017	+0.043	-0.001	06.1	2.8	11
159	37 G. Pict	4.98	K 0	5 49 45.279	+135.788	+0.155	-0.003	+0.050	-0.014	10.7	10.0	62
160	$\gamma$ Colm	4.36	B 3	5 55 45.773	+212.759	+0.119	-0.001	-0.022	+0.001	08.5	4.8	25
161	60 Orio	5.25	A 0	5 56 15.233	+308.508	+0.104	-0.005	-0.101	0.000	11.5	3.0	18
162	+33° 1209 Auri	6.80	A 2	5 56 57.074	+394.449	+0.104	-0.021	-0.092	+0.001	12.8	5.0	76
163	1 Gemi	4.30	G 5	6 1 4.780	+364.742	+0.066	-0.014	-0.040	-0.008	06.2	2.0	9
164	74 G. Colm	5.72	A 0	6 4 9.944	+231.026	+0.102	-0.001	+0.060	-0.003	05.2	5.2	44
165	94 G. Leps	5.46	A 0	6 6 51.708	+252.318	+0.095	-0.002	+0.087	-0.003	09.6	7.6	59
166	$\nu$ Dora	5.21	B 9	6 9 3.560	- 38.429	-0.039	+0.005	-0.954	+0.010	02.8	24.0	96
167	Br 904 Auri sq <sup>1</sup>	6.42	F 0	6 12 16.812	+404.324	-0.057	-0.023	-0.533	+0.001	09.0	5.1	31
168	$\times$ Auri	4.45	K 0	6 12 11.481	+382.323	-0.047	-0.018	-0.550	-0.022	01.4	3.5	13
169	74 Orio	5.11	F 5	6 13 38.095	+336.924	+0.038	-0.008	+0.545	+0.013	07.9	2.6	13
170	7 Mono	5.13	B 3	6 17 18.214	+289.036	+0.062	-0.003	-0.039	0.000	10.4	2.5	17
171	23 G. CMaj	5.39	K 0	6 21 50.326	+279.908	+0.058	-0.003	-0.353	-0.003	11.9	4.1	39
172	Grb 1156 Auri	7.14	G 5	6 22 48.134	+427.000	-0.235	-0.031	+0.003	-0.001	08.4	5.7	64
173	$\nu$ Gemi	4.06	B 5	6 25 59.629	+356.248	-0.074	-0.012	-0.045	-0.001	06.4	1.7	9
174	13 Mono	4.50	Aop	6 30 11.964	+324.445	-0.024	-0.006	-0.017	0.000	08.7	2.7	14
175	56 G. Mono	5.02	B 3	6 31 5.544	+304.508	+0.009	-0.004	-0.090	-0.002	15.3	4.5	27
176	$\psi^6$ Auri	5.28	K 0	6 43 50.979	+457.367	-0.701	-0.042	-0.041	+0.001	11.1	5.1	31
177	16 Mono	5.84	B 3	6 43 48.764	+327.195	-0.082	-0.007	-0.069	0.000	10.0	3.6	20
178	31 G. Pupp	5.25	B 9	6 45 38.605	+205.275	+0.064	-0.001	-0.187	-0.002	05.3	5.2	34
179	80 G. Mono	5.65	A 0	6 46 45.247	+302.159	-0.023	-0.004	-0.109	0.000	13.4	3.6	28
180	$\times$ CMaj	3.78	B 2p	6 47 58.313	+224.127	+0.070	-0.001	-0.096	0.000	01.6	3.8	10
181	101 G. Mono	5.84	A 0	6 57 59.521	+288.227	-0.013	-0.002	-0.145	-0.001	12.0	4.1	58
182	$\omega$ Gemi	5.21	K 0	6 59 22.024	+365.548	-0.318	-0.012	-0.065	0.000	10.6	2.3	13
183	$\sigma$ CMaj	3.68	K 5	6 59 43.584	+239.041	+0.059	0.000	-0.038	0.000	03.7	5.7	19
184	C Pupp	5.26	A 2	7 2 27.580	+190.182	+0.044	-0.001	-0.204	+0.007	03.6	10.1	48
185	2 G. CMin	5.92	K 0	7 5 7.263	+324.301	-0.149	-0.006	-0.028	-0.002	10.8	5.7	30
186	20 Mono	5.02	K 0	7 7 44.635	+298.026	-0.043	-0.003	-0.009	+0.013	06.4	2.7	17
187	22 $\delta$ Mono	4.09	A 0	7 9 18.620	+306.387	-0.088	-0.004	-0.031	0.000	07.8	1.0	10
188	51 Gemi	5.31	M 3	7 10 30.015	+344.498	-0.269	-0.008	+0.065	-0.003	07.7	1.9	11
189	$\gamma^2$ Voln <sup>2</sup>	3.87	K 0	7 9 10.776	- 50.860	-1.622	-0.006	+0.446	+0.058	04.3	10.7	63
190	Grb 1281 Lync	5.55	G 0	7 12 7.631	+445.519	-1.104	-0.033	+0.355	-0.026	06.5	7.0	28
191	66 Auri	5.28	K 0	7 20 40.915	+415.422	-0.899	-0.022	-0.054	-0.003	09.5	3.3	19
192	169 G. CMaj	5.82	F 0	7 22 50.481	+275.552	-0.014	-0.001	-1.418	-0.002	14.1	4.0	44
193	6 CMin	4.85	K 0	7 27 0.819	+333.944	-0.276	-0.005	-0.015	-0.001	09.2	2.1	11
194	$\sigma$ Pupp <sup>3</sup>	3.28	K 5	7 27 38.590	+190.342	+0.040	-0.001	-0.576	+0.020	04.6	5.3	29
195	+46° 1286 Lync	5.80	K 5	7 32 54.134	+435.493	-1.304	-0.026	-0.292	-0.004	11.7	3.5	42
196	$\nu$ Gemi	4.22	K 5	7 32 50.600	+369.657	-0.585	-0.011	-0.264	-0.008	05.7	2.6	12
197	125 G. Pupp	5.66	B 3	7 34 29.130	+263.719	+0.017	0.000	-0.041	0.000	12.8	4.4	51
198	Q Cari	4.92	K 5	7 34 25.472	+148.365	-0.141	-0.003	+0.149	-0.003	04.8	3.2	57
199	+37° 1769 Lync	5.45	M 0	7 43 19.275	+400.233	-0.986	-0.015	+0.153	0.000	11.6	7.1	37
200	81 Gemi	5.02	K 2	7 43 13.828	+347.351	-0.450	-0.006	-0.537	-0.003	06.3	2.8	13

<sup>1</sup> 7<sup>h</sup> 0 11<sup>m</sup> 217<sup>s</sup>

<sup>2</sup> 5<sup>h</sup> 8 (7<sup>1</sup>) 14<sup>m</sup> 299<sup>s</sup>

<sup>3</sup> 8<sup>h</sup> 4 22<sup>m</sup> 73<sup>s</sup>

$$\alpha_T = \alpha_{1950} + \frac{da}{dT} T + \left( \frac{1}{2} \frac{d^2a}{dT^2} \right) T^2 + \left( \frac{1}{6} \frac{d^3a}{dT^3} \right) T^3$$

T in Einheiten von 100 Jahren

APÊNDICE IV (continuação) - Exemplo de uma página da direita do  
catálogo de estrelas adicionais  
(Katalog der Zusatzsterne) do FK3.

Katalog der Zusatzsterne des FK 3

15

Nr.	$\delta_{1950}$	$\frac{d\delta}{dT}$	$\frac{1}{2} \frac{d^2\delta}{dT^2}$	$\frac{1}{6} \frac{d^3\delta}{dT^3}$	$\mu'$	$\frac{d\mu'}{dT}$	Ep.( $\delta$ )	$m(\delta)$	$m(\mu')$	Eich	PGC	BH
1151	+32° 9' 25".48	+265.93	-28.27	-0.05	-0.27	0.00	06.2	3.7	17	334	1333	686
1152	-47 6 45.70	+259.48	-11.98	-0.02	-12.69	-0.02	05.5	7.1	44	335	1341	688
1153	-27 14 18.97	+207.48	-17.37	-0.01	-0.95	-0.01	12.4	7.1	66	—	—	707
1154	-65 45 15.19	+134.55	-0.78	-0.02	+0.69	+0.07	03.7	6.5	33	358	1443	728
1155	-4 6 23.80	+101.31	-21.74	-0.01	-20.21	-0.05	12.7	5.4	50	—	—	727
1156	-56 10 42.28	+90.63	-8.01	-0.01	-6.26	-0.12	06.8	8.1	50	—	1460	—
1157	+55 41 52.52	+83.76	-36.62	-0.02	+2.04	+0.02	05.4	5.1	18	363	1453	734
1158	+27 36 8.45	+84.41	-27.48	-0.01	-1.41	-0.01	03.8	3.5	13	364	1457	736
1159	-52 7 10.77	+81.63	-9.91	-0.01	-7.93	-0.01	09.8	8.6	50	—	1462	737
1160	-35 17 15.08	+37.96	-15.51	0.00	+0.90	0.00	99.5	5.4	28	370	1490	750
1161	+0 32 59.69	+32.83	-22.43	0.00	+0.07	+0.01	08.7	4.7	25	—	1488	749
1162	+33 8 7.08	+27.29	-28.74	0.00	+0.63	+0.01	13.9	5.9	79	—	—	751
1163	+23 16 4.37	-19.80	-26.58	0.00	-10.36	+0.01	04.4	3.0	12	373	1508	759
1164	-29 45 6.58	-40.43	-16.83	0.00	-4.01	-0.01	04.6	6.6	50	—	1528	—
1165	-22 25 1.78	-63.58	-18.37	0.00	-3.58	-0.01	08.0	10.2	66	—	1538	—
1166	-68 49 58.11	-76.95	+2.88	0.00	+2.25	+0.14	04.6	11.6	57	—	1566	—
1167	+36 9 56.29	-106.54	-29.36	+0.02	+0.80	+0.08	06.1	5.7	26	—	1563	—
1168	+29 31 6.28	-133.06	-27.76	+0.02	-26.49	+0.08	93.2	4.7	15	—	1565	—
1169	+12 17 16.10	-100.57	-24.52	+0.01	+18.60	-0.08	08.5	4.2	18	384	1577	781
1170	-7 48 1.68	-151.13	-20.97	+0.02	+0.05	+0.01	10.6	3.8	22	388	1598	789
1171	-11 30 6.55	-194.72	-20.24	+0.02	-4.02	+0.05	11.3	5.7	44	—	1614	801
1172	+41 59 21.51	-200.16	-30.92	+0.05	-1.08	0.00	10.4	6.6	44	—	—	802
1173	+20 14 43.97	-228.65	-25.74	+0.03	-1.82	+0.01	06.6	2.5	13	399	1635	809
1174	+7 22 16.37	-264.04	-23.38	+0.03	-0.70	0.00	08.8	4.1	19	400	1657	816
1175	-1 10 50.78	-273.51	-21.92	+0.03	-2.43	+0.01	13.3	6.7	36	—	1666	—
1176	+48 50 40.67	-380.67	-32.64	+0.12	+0.47	+0.01	05.2	5.4	22	—	1728	839
1177	+8 38 30.20	-381.62	-23.32	+0.04	-0.80	+0.01	09.0	5.2	25	—	1733	841
1178	-37 52 24.45	-398.14	-14.57	+0.01	-1.61	+0.03	06.5	6.0	36	—	1749	845
1179	-2 12 50.35	-405.60	-21.47	+0.04	+0.45	+0.02	14.2	5.4	57	—	1752	849
1180	-32 26 58.44	-416.05	-15.88	+0.01	+0.42	+0.01	02.2	4.6	23	416	1761	851
1181	-8 20 9.10	-502.72	-20.22	+0.04	-0.96	+0.02	13.3	5.7	66	—	—	871
1182	+24 17 18.62	-513.71	-25.64	+0.09	-0.32	+0.01	09.7	3.9	19	—	1806	872
1183	-27 51 43.41	-516.30	-16.72	+0.03	+0.13	+0.01	02.7	4.8	22	427	1810	875
1184	-42 15 44.88	-532.78	-13.22	+0.02	+6.71	+0.03	00.7	10.4	40	—	1826	—
1185	+7 33 4.64	-565.44	-22.56	+0.06	-3.58	0.00	11.0	5.4	44	—	1832	886
1186	-4 9 27.31	-562.34	-20.65	+0.05	+21.51	0.00	06.4	4.0	21	437	1844	893
1187	-0 24 30.36	-596.31	-21.19	+0.06	+0.63	0.00	08.5	3.3	18	438	1853	898
1188	+16 14 43.73	-611.21	-23.80	+0.08	-4.35	-0.01	07.4	2.9	15	439	1856	899
1189	-70 25 4.89	-586.05	+3.63	+0.07	+9.80	-0.06	06.8	5.4	40	440	1867	901
1190	+47 19 51.18	-638.81	-30.77	+0.16	-18.41	-0.05	00.6	7.5	30	—	1860	—
1191	+40 46 14.10	-693.95	-28.27	+0.15	-2.86	+0.01	10.6	4.0	21	450	1919	921
1192	-13 39 8.17	-709.89	-18.54	+0.05	-1.09	+0.19	15.4	5.7	66	—	1938	925
1193	+12 6 41.83	-744.47	-22.44	+0.09	-1.67	0.00	10.5	3.4	19	456	1962	933
1194	-43 11 57.16	-728.93	-12.67	+0.02	+18.99	+0.08	04.2	5.7	30	457	1972	934
1195	+46 17 32.95	-794.24	-28.98	+0.20	-3.86	+0.04	10.5	5.5	33	—	1986	940
1196	+27 0 30.95	-800.87	-24.57	+0.12	-10.96	+0.04	02.2	3.6	14	460	1987	942
1197	-19 35 22.74	-802.78	-17.43	+0.05	+0.30	+0.01	14.3	6.1	66	—	1998	947
1198	-52 25 17.64	-804.71	-9.75	+0.02	-2.11	-0.02	04.5	7.6	50	463	2003	950
1199	+37 38 24.84	-872.54	-26.08	+0.17	+0.73	-0.02	10.5	7.3	36	—	2037	—
1200	+18 38 0.95	-878.70	-22.57	+0.12	-6.15	+0.07	03.5	3.9	16	—	2040	967

$$\delta_T = \delta_{1950} + \frac{d\delta}{dT} T + \left(\frac{1}{2} \frac{d^2\delta}{dT^2}\right) T^2 + \left(\frac{1}{6} \frac{d^3\delta}{dT^3}\right) T^3$$

T in Einheiten von 100 Jahren

APENDICE V - Exemplo de uma página da esquerda do FK4.

No.	Name	Magn.	Sp.	$\alpha$	$\frac{d\alpha}{dT}$	$\frac{1}{2} \frac{d^2\alpha}{dT^2}$	$\mu$	$\frac{d\mu}{dT}$	Ep. ( $\alpha$ )	$m(\alpha)$	$m(\mu)$
235	$\delta$ Pic	4.84	B 1	6 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> 403 6 9 48.626	+ 116.870 + 116.913	+ 0.088 + 0.086	- 0.095 - 0.095	+ 0.001 + 0.001	15.20	5.6	32
239	$\alpha$ Men	5.14	K 0	6 11 43.975 6 10 59.290	- 178.584 - 178.894	- 0.639 - 0.600	+ 3.105 + 3.057	- 0.192 - 0.193	13.57	16.6	107
1168	$\kappa$ Aur	4.45	K 0	6 12 11.481 6 13 47.060	+ 382.330 + 382.303	- 0.047 - 0.060	- 0.544 - 0.550	- 0.022 - 0.022	21.91	2.4	9
1167	Br 904 Aur <i>sg</i>	6.42	F 0	6 12 16.812 6 13 57.888	+ 404.320 + 404.287	- 0.057 - 0.075	- 0.536 - 0.536	+ 0.001 + 0.001	26.63	3.3	17
234	22 H. Cam	4.73	A 0	6 13 20.400 6 16 5.654	+ 661.238 + 660.780	- 0.836 - 0.999	+ 0.140 + 0.126	- 0.055 - 0.055	19.51	3.8	18'
1169	74 Ori	5.11	F 5	6 13 38.093 6 15 2.328	+ 336.931 + 336.948	+ 0.038 + 0.032	+ 0.552 + 0.555	+ 0.013 + 0.012	21.02	2.0	9
238	$\kappa$ Col	4.51	K 0	6 14 46.278 6 15 39.641	+ 213.424 + 213.477	+ 0.106 + 0.105	- 0.111 - 0.109	+ 0.008 + 0.008	15.07	3.5	19
237	2 Lyn	4.42	A 0	6 15 12.749 6 17 25.078	+ 529.419 + 529.206	- 0.395 - 0.459	- 0.073 - 0.071	+ 0.006 + 0.006	23.31	3.0	14
1170	7 Mon	5.13	B 3	6 17 18.205 6 18 30.461	+ 289.008 + 289.038	+ 0.062 + 0.059	- 0.067 - 0.067	0.000 0.000	20.46	2.0	11
240	$\zeta$ CMa	3.10	B 3	6 18 23.546 6 19 21.139	+ 230.348 + 230.394	+ 0.093 + 0.092	+ 0.041 + 0.041	0.000 0.000	12.69	2.7	13
241	$\mu$ Gem	3.19	M 0	6 19 56.096 6 21 26.837	+ 362.980 + 362.949	- 0.057 - 0.066	+ 0.404 + 0.402	- 0.009 - 0.009	09.53	1.2	4
243	$\beta$ CMa	1.99	B 1	6 20 29.789 6 21 35.838	+ 264.178 + 264.215	+ 0.075 + 0.074	- 0.088 - 0.088	0.000 0.000	11.89	1.4	7
242	$\psi^1$ Aur	5.10 var.	K 2	6 21 2.880 6 22 58.382	+ 462.091 + 461.923	- 0.319 - 0.353	- 0.012 - 0.012	0.000 0.000	20.45	2.4	12
244	8 $\epsilon$ Mon	4.48	A 5	6 21 7.050 6 22 26.537	+ 317.944 + 317.953	+ 0.020 + 0.016	- 0.134 - 0.134	+ 0.001 + 0.001	16.64	1.7	9
1171	23 G. CMa	5.39	K 0	6 21 50.306 6 23 0.271	+ 279.846 + 279.875	+ 0.058 + 0.057	- 0.415 - 0.416	- 0.003 - 0.003	23.79	2.9	10
1172	Grb 1156 Aur	7.14	G 5	6 22 48.124 6 24 34.853	+ 426.976 + 426.852	- 0.235 - 0.258	- 0.021 - 0.021	- 0.001 - 0.001	30.41	3.4	18
245	$\alpha$ Car	-0.86	F 0	6 22 50.493 6 23 23.819	+ 133.294 + 133.316	+ 0.044 + 0.042	+ 0.290 + 0.291	+ 0.004 + 0.004	99.37	4.4	15
246	10 Mon	4.98	B 3	6 25 29.351 6 26 43.422	+ 296.274 + 296.292	+ 0.037 + 0.034	- 0.066 - 0.066	0.000 0.000	18.43	1.4	9
1173	$\nu$ Gem	4.06	B 5	6 25 59.627 6 27 28.685	+ 356.251 + 356.212	- 0.074 - 0.082	- 0.042 - 0.042	- 0.001 - 0.001	16.37	1.4	6
1174	13 Mon	4.50	A o p	6 30 11.958 6 31 33.068	+ 324.446 + 324.433	- 0.024 - 0.029	- 0.017 - 0.017	- 0.001 0.000	22.75	2.1	9
1175	56 G. Mon	5.02	B 3	6 31 5.559 6 32 21.695	+ 304.542 + 304.546	+ 0.009 + 0.006	- 0.056 - 0.056	- 0.001 - 0.001	30.85	2.8	16
249	$\xi^2$ CMa	4.54	A 0	6 32 57.562 6 34 0.424	+ 251.428 + 251.464	+ 0.072 + 0.071	+ 0.026 + 0.026	+ 0.001 + 0.001	15.92	2.0	11
247	8 Lyn	6.05	G 0	6 33 7.504 6 35 24.504	+ 548.293 + 547.701	- 1.147 - 1.220	- 2.843 - 2.860	- 0.070 - 0.069	21.76	3.1	15
251	$\gamma$ Gem	1.93	A 0	6 34 49.396 6 36 16.042	+ 346.609 + 346.558	- 0.099 - 0.106	+ 0.300 + 0.299	- 0.003 - 0.003	09.20	1.1	5
250	51 Aur	5.71	K 0	6 35 11.702 6 36 55.614	+ 415.740 + 415.554	- 0.360 - 0.380	- 0.193 - 0.196	- 0.012 - 0.012	19.32	2.2	11
252	$\nu$ Pup	3.18	B 8	6 36 13.796 6 36 59.691	+ 183.564 + 183.594	+ 0.061 + 0.060	- 0.064 - 0.064	- 0.001 - 0.001	10.47	3.9	19
248	23 H. Cam	5.60	F 8	6 37 44.388 6 41 59.852	+ 1024.153 + 1019.494	- 8.929 - 9.702	- 3.042 - 3.330	- 1.160 - 1.141	20.62	6.9	30
254	$\epsilon$ Gem	3.18	G 5	6 40 51.363 6 42 23.631	+ 369.125 + 369.018	- 0.209 - 0.219	- 0.032 - 0.032	- 0.001 - 0.001	15.18	1.3	6
256	$\xi$ Gem	3.40	F 5	6 42 28.966 6 43 53.143	+ 336.737 + 336.675	- 0.119 - 0.125	- 0.792 - 0.795	- 0.013 - 0.013	14.78	1.3	6
257	$\alpha$ CMa <i>eg</i>	-1.58	A 0	6 42 56.714 6 44 2.782	+ 264.285 + 264.263	- 0.043 - 0.044	- 3.791 - 3.813	- 0.000 - 0.000	08.20	1.4	4



APÊNDICE V (continuação) - Exemplo de uma página da direita do  
FK4.

EQUINOX AND EPOCH 1950.0 AND 1975.0

No.	$\delta$	$\frac{d\delta}{dT}$	$\frac{1}{2} \frac{d^2\delta}{dT^2}$	$\mu'$	$\frac{d\mu'}{dT}$	Ep. ( $\delta$ )	$m(\delta)$	$m(\mu')$	GC	N30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
235	-54° 57' 24.59	- 80.74	- 8.49	+ 0.77	+0.01	12.10	4.8	25	7898	1330																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	-54 57 45.31	- 84.99	- 8.49	+ 0.77	+0.01						239	-74 44 12.46	- 123.68	+12.80	- 21.12	-0.43	15.41	5.7	30	7962	1336	-74 44 42.58	- 117.27	+12.83	- 21.23	-0.43	1168	+29 31 6.24	- 133.05	-27.76	- 26.48	+0.08	15.29	3.5	10	7981	1338	+29 30 31.24	- 146.92	-27.74	- 26.46	+0.08	1167	+36 9 56.03	- 106.93	-29.36	+ 0.41	+0.08	21.00	4.1	18	7983	1339	+36 9 27.46	- 121.61	-29.34	+ 0.43	+0.08	234	+69 20 27.06	- 127.15	-48.09	- 10.55	-0.02	14.25	2.5	11	8020	1348	+69 19 52.27	- 151.17	-48.01	- 10.55	-0.02	1169	+12 17 16.13	- 100.62	-24.53	+ 18.55	-0.08	21.63	3.2	13	8033	1350	+12 16 49.44	- 112.88	-24.51	+ 18.53	-0.08	238	-35 7 22.05	- 120.71	-15.49	+ 8.38	+0.02	13.39	4.0	21	8062	1354	-35 7 53.18	- 128.45	-15.48	+ 8.38	+0.02	237	+59 1 54.24	- 130.46	-38.46	+ 2.48	+0.01	15.99	2.5	11	8068	1355	+59 1 19.22	- 149.68	-38.41	+ 2.48	+0.01	1170	- 7 48 1.79	- 151.40	-20.96	- 0.22	+0.01	18.94	3.1	16	8132	1362	- 7 48 40.95	- 161.88	-20.95	- 0.22	+0.01	240	-30 2 23.86	- 160.32	-16.70	+ 0.35	-0.01	12.23	3.6	14	8170	1365	-30 3 4.98	- 168.67	-16.70	+ 0.35	-0.01	241	+22 32 27.98	- 185.33	-26.35	- 11.21	-0.06	07.09	1.9	7	8208	1373	+22 31 40.00	- 198.49	-26.32	- 11.22	-0.06	243	-17 55 47.23	- 179.38	-19.13	- 0.37	+0.01	12.12	2.4	11	8223	1376	-17 56 33.27	- 188.94	-19.12	- 0.37	+0.01	242	+49 18 56.91	- 183.88	-33.49	- 0.07	0.00	14.07	2.8	12	8235	1379	+49 18 8.85	- 200.62	-33.45	- 0.07	0.00	244	+ 4 37 11.68	- 183.39	-23.02	+ 1.03	+0.02	14.81	2.7	13	8240	1380	+ 4 36 24.39	- 194.89	-23.01	+ 1.03	+0.02	1171	-11 30 6.50	- 194.71	-20.23	- 4.02	+0.06	21.98	4.3	26	8265	1384	-11 30 56.44	- 204.83	-20.22	- 4.00	+0.06	1172	+41 59 21.65	- 199.81	-30.92	- 0.73	0.00	28.57	4.2	22	8300	1390	+41 58 29.77	- 215.26	-30.88	- 0.73	0.00	245	-52 40 3.45	- 197.20	- 9.64	+ 2.22	-0.04	01.26	4.2	15	8302	1391	-52 40 53.35	- 202.03	- 9.64	+ 2.21	-0.04	246	- 4 43 47.03	- 222.50	-21.41	- 0.05	+0.01	17.15	2.3	14	8378	1402	- 4 44 43.99	- 233.20	-21.39	- 0.05	+0.01	1173	+20 14 44.06	- 228.54	-25.74	- 1.71	+0.01	14.01	2.1	10	8394	1405	+20 13 45.32	- 241.41	-25.72	- 1.71	+0.01	1174	+ 7 22 16.36	- 264.11	-23.38	- 0.77	0.00	19.69	3.3	14	8506	1420	+ 7 21 8.87	- 275.79	-23.36	- 0.77	0.00	1175	- 1 10 50.67	- 273.33	-21.93	- 2.25	+0.01	27.41	4.7	24	8527	1421	- 1 12 0.37	- 284.29	-21.91	- 2.25	+0.01	249	-22 55 26.07	- 285.91	-18.07	+ 1.33	0.00	15.75	3.3	17	8577	1429	-22 56 38.68	- 294.95	-18.06	+ 1.33	0.00	247	+61 31 40.36	- 316.45	-39.28	- 27.77	+0.41	17.49	2.7	12	8582	1430	+61 30 18.80	- 336.06	-39.17	- 27.67	+0.41	251	+16 26 37.40	- 307.74	-24.93	- 4.37	-0.04	07.33	1.9	7	8633	1440	+16 25 18.91	- 320.19	-24.89	- 4.38	-0.04	250	+39 26 13.20	- 317.65	-29.86	- 11.07	+0.03	15.52	2.9	13	8648	1443	+39 24 51.92	- 332.57	-29.81	- 11.06	+0.03	252	-43 9 4.09	- 316.04	-13.14	- 0.52	+0.01	09.02	4.3	18	8675	1447	-43 10 23.92	- 322.61	-13.13	- 0.52	+0.01	248	+79 37 26.18	- 389.26	-73.34	- 60.71	+0.44	15.24	2.5	11	8711	1450	+79 35 44.29	- 425.78	-72.73	- 60.60	+0.47	254	+25 10 56.92	- 356.88	-26.40	- 1.47	0.00	10.94	2.0	8	8786	1460	+25 9 26.05	- 370.06	-26.35	- 1.47	0.00	256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11	257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833
239	-74 44 12.46	- 123.68	+12.80	- 21.12	-0.43	15.41	5.7	30	7962	1336																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	-74 44 42.58	- 117.27	+12.83	- 21.23	-0.43						1168	+29 31 6.24	- 133.05	-27.76	- 26.48	+0.08	15.29	3.5	10	7981	1338	+29 30 31.24	- 146.92	-27.74	- 26.46	+0.08	1167	+36 9 56.03	- 106.93	-29.36	+ 0.41	+0.08	21.00	4.1	18	7983	1339	+36 9 27.46	- 121.61	-29.34	+ 0.43	+0.08	234	+69 20 27.06	- 127.15	-48.09	- 10.55	-0.02	14.25	2.5	11	8020	1348	+69 19 52.27	- 151.17	-48.01	- 10.55	-0.02	1169	+12 17 16.13	- 100.62	-24.53	+ 18.55	-0.08	21.63	3.2	13	8033	1350	+12 16 49.44	- 112.88	-24.51	+ 18.53	-0.08	238	-35 7 22.05	- 120.71	-15.49	+ 8.38	+0.02	13.39	4.0	21	8062	1354	-35 7 53.18	- 128.45	-15.48	+ 8.38	+0.02	237	+59 1 54.24	- 130.46	-38.46	+ 2.48	+0.01	15.99	2.5	11	8068	1355	+59 1 19.22	- 149.68	-38.41	+ 2.48	+0.01	1170	- 7 48 1.79	- 151.40	-20.96	- 0.22	+0.01	18.94	3.1	16	8132	1362	- 7 48 40.95	- 161.88	-20.95	- 0.22	+0.01	240	-30 2 23.86	- 160.32	-16.70	+ 0.35	-0.01	12.23	3.6	14	8170	1365	-30 3 4.98	- 168.67	-16.70	+ 0.35	-0.01	241	+22 32 27.98	- 185.33	-26.35	- 11.21	-0.06	07.09	1.9	7	8208	1373	+22 31 40.00	- 198.49	-26.32	- 11.22	-0.06	243	-17 55 47.23	- 179.38	-19.13	- 0.37	+0.01	12.12	2.4	11	8223	1376	-17 56 33.27	- 188.94	-19.12	- 0.37	+0.01	242	+49 18 56.91	- 183.88	-33.49	- 0.07	0.00	14.07	2.8	12	8235	1379	+49 18 8.85	- 200.62	-33.45	- 0.07	0.00	244	+ 4 37 11.68	- 183.39	-23.02	+ 1.03	+0.02	14.81	2.7	13	8240	1380	+ 4 36 24.39	- 194.89	-23.01	+ 1.03	+0.02	1171	-11 30 6.50	- 194.71	-20.23	- 4.02	+0.06	21.98	4.3	26	8265	1384	-11 30 56.44	- 204.83	-20.22	- 4.00	+0.06	1172	+41 59 21.65	- 199.81	-30.92	- 0.73	0.00	28.57	4.2	22	8300	1390	+41 58 29.77	- 215.26	-30.88	- 0.73	0.00	245	-52 40 3.45	- 197.20	- 9.64	+ 2.22	-0.04	01.26	4.2	15	8302	1391	-52 40 53.35	- 202.03	- 9.64	+ 2.21	-0.04	246	- 4 43 47.03	- 222.50	-21.41	- 0.05	+0.01	17.15	2.3	14	8378	1402	- 4 44 43.99	- 233.20	-21.39	- 0.05	+0.01	1173	+20 14 44.06	- 228.54	-25.74	- 1.71	+0.01	14.01	2.1	10	8394	1405	+20 13 45.32	- 241.41	-25.72	- 1.71	+0.01	1174	+ 7 22 16.36	- 264.11	-23.38	- 0.77	0.00	19.69	3.3	14	8506	1420	+ 7 21 8.87	- 275.79	-23.36	- 0.77	0.00	1175	- 1 10 50.67	- 273.33	-21.93	- 2.25	+0.01	27.41	4.7	24	8527	1421	- 1 12 0.37	- 284.29	-21.91	- 2.25	+0.01	249	-22 55 26.07	- 285.91	-18.07	+ 1.33	0.00	15.75	3.3	17	8577	1429	-22 56 38.68	- 294.95	-18.06	+ 1.33	0.00	247	+61 31 40.36	- 316.45	-39.28	- 27.77	+0.41	17.49	2.7	12	8582	1430	+61 30 18.80	- 336.06	-39.17	- 27.67	+0.41	251	+16 26 37.40	- 307.74	-24.93	- 4.37	-0.04	07.33	1.9	7	8633	1440	+16 25 18.91	- 320.19	-24.89	- 4.38	-0.04	250	+39 26 13.20	- 317.65	-29.86	- 11.07	+0.03	15.52	2.9	13	8648	1443	+39 24 51.92	- 332.57	-29.81	- 11.06	+0.03	252	-43 9 4.09	- 316.04	-13.14	- 0.52	+0.01	09.02	4.3	18	8675	1447	-43 10 23.92	- 322.61	-13.13	- 0.52	+0.01	248	+79 37 26.18	- 389.26	-73.34	- 60.71	+0.44	15.24	2.5	11	8711	1450	+79 35 44.29	- 425.78	-72.73	- 60.60	+0.47	254	+25 10 56.92	- 356.88	-26.40	- 1.47	0.00	10.94	2.0	8	8786	1460	+25 9 26.05	- 370.06	-26.35	- 1.47	0.00	256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11	257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48										
1168	+29 31 6.24	- 133.05	-27.76	- 26.48	+0.08	15.29	3.5	10	7981	1338																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	+29 30 31.24	- 146.92	-27.74	- 26.46	+0.08						1167	+36 9 56.03	- 106.93	-29.36	+ 0.41	+0.08	21.00	4.1	18	7983	1339	+36 9 27.46	- 121.61	-29.34	+ 0.43	+0.08	234	+69 20 27.06	- 127.15	-48.09	- 10.55	-0.02	14.25	2.5	11	8020	1348	+69 19 52.27	- 151.17	-48.01	- 10.55	-0.02	1169	+12 17 16.13	- 100.62	-24.53	+ 18.55	-0.08	21.63	3.2	13	8033	1350	+12 16 49.44	- 112.88	-24.51	+ 18.53	-0.08	238	-35 7 22.05	- 120.71	-15.49	+ 8.38	+0.02	13.39	4.0	21	8062	1354	-35 7 53.18	- 128.45	-15.48	+ 8.38	+0.02	237	+59 1 54.24	- 130.46	-38.46	+ 2.48	+0.01	15.99	2.5	11	8068	1355	+59 1 19.22	- 149.68	-38.41	+ 2.48	+0.01	1170	- 7 48 1.79	- 151.40	-20.96	- 0.22	+0.01	18.94	3.1	16	8132	1362	- 7 48 40.95	- 161.88	-20.95	- 0.22	+0.01	240	-30 2 23.86	- 160.32	-16.70	+ 0.35	-0.01	12.23	3.6	14	8170	1365	-30 3 4.98	- 168.67	-16.70	+ 0.35	-0.01	241	+22 32 27.98	- 185.33	-26.35	- 11.21	-0.06	07.09	1.9	7	8208	1373	+22 31 40.00	- 198.49	-26.32	- 11.22	-0.06	243	-17 55 47.23	- 179.38	-19.13	- 0.37	+0.01	12.12	2.4	11	8223	1376	-17 56 33.27	- 188.94	-19.12	- 0.37	+0.01	242	+49 18 56.91	- 183.88	-33.49	- 0.07	0.00	14.07	2.8	12	8235	1379	+49 18 8.85	- 200.62	-33.45	- 0.07	0.00	244	+ 4 37 11.68	- 183.39	-23.02	+ 1.03	+0.02	14.81	2.7	13	8240	1380	+ 4 36 24.39	- 194.89	-23.01	+ 1.03	+0.02	1171	-11 30 6.50	- 194.71	-20.23	- 4.02	+0.06	21.98	4.3	26	8265	1384	-11 30 56.44	- 204.83	-20.22	- 4.00	+0.06	1172	+41 59 21.65	- 199.81	-30.92	- 0.73	0.00	28.57	4.2	22	8300	1390	+41 58 29.77	- 215.26	-30.88	- 0.73	0.00	245	-52 40 3.45	- 197.20	- 9.64	+ 2.22	-0.04	01.26	4.2	15	8302	1391	-52 40 53.35	- 202.03	- 9.64	+ 2.21	-0.04	246	- 4 43 47.03	- 222.50	-21.41	- 0.05	+0.01	17.15	2.3	14	8378	1402	- 4 44 43.99	- 233.20	-21.39	- 0.05	+0.01	1173	+20 14 44.06	- 228.54	-25.74	- 1.71	+0.01	14.01	2.1	10	8394	1405	+20 13 45.32	- 241.41	-25.72	- 1.71	+0.01	1174	+ 7 22 16.36	- 264.11	-23.38	- 0.77	0.00	19.69	3.3	14	8506	1420	+ 7 21 8.87	- 275.79	-23.36	- 0.77	0.00	1175	- 1 10 50.67	- 273.33	-21.93	- 2.25	+0.01	27.41	4.7	24	8527	1421	- 1 12 0.37	- 284.29	-21.91	- 2.25	+0.01	249	-22 55 26.07	- 285.91	-18.07	+ 1.33	0.00	15.75	3.3	17	8577	1429	-22 56 38.68	- 294.95	-18.06	+ 1.33	0.00	247	+61 31 40.36	- 316.45	-39.28	- 27.77	+0.41	17.49	2.7	12	8582	1430	+61 30 18.80	- 336.06	-39.17	- 27.67	+0.41	251	+16 26 37.40	- 307.74	-24.93	- 4.37	-0.04	07.33	1.9	7	8633	1440	+16 25 18.91	- 320.19	-24.89	- 4.38	-0.04	250	+39 26 13.20	- 317.65	-29.86	- 11.07	+0.03	15.52	2.9	13	8648	1443	+39 24 51.92	- 332.57	-29.81	- 11.06	+0.03	252	-43 9 4.09	- 316.04	-13.14	- 0.52	+0.01	09.02	4.3	18	8675	1447	-43 10 23.92	- 322.61	-13.13	- 0.52	+0.01	248	+79 37 26.18	- 389.26	-73.34	- 60.71	+0.44	15.24	2.5	11	8711	1450	+79 35 44.29	- 425.78	-72.73	- 60.60	+0.47	254	+25 10 56.92	- 356.88	-26.40	- 1.47	0.00	10.94	2.0	8	8786	1460	+25 9 26.05	- 370.06	-26.35	- 1.47	0.00	256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11	257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48																										
1167	+36 9 56.03	- 106.93	-29.36	+ 0.41	+0.08	21.00	4.1	18	7983	1339																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	+36 9 27.46	- 121.61	-29.34	+ 0.43	+0.08						234	+69 20 27.06	- 127.15	-48.09	- 10.55	-0.02	14.25	2.5	11	8020	1348	+69 19 52.27	- 151.17	-48.01	- 10.55	-0.02	1169	+12 17 16.13	- 100.62	-24.53	+ 18.55	-0.08	21.63	3.2	13	8033	1350	+12 16 49.44	- 112.88	-24.51	+ 18.53	-0.08	238	-35 7 22.05	- 120.71	-15.49	+ 8.38	+0.02	13.39	4.0	21	8062	1354	-35 7 53.18	- 128.45	-15.48	+ 8.38	+0.02	237	+59 1 54.24	- 130.46	-38.46	+ 2.48	+0.01	15.99	2.5	11	8068	1355	+59 1 19.22	- 149.68	-38.41	+ 2.48	+0.01	1170	- 7 48 1.79	- 151.40	-20.96	- 0.22	+0.01	18.94	3.1	16	8132	1362	- 7 48 40.95	- 161.88	-20.95	- 0.22	+0.01	240	-30 2 23.86	- 160.32	-16.70	+ 0.35	-0.01	12.23	3.6	14	8170	1365	-30 3 4.98	- 168.67	-16.70	+ 0.35	-0.01	241	+22 32 27.98	- 185.33	-26.35	- 11.21	-0.06	07.09	1.9	7	8208	1373	+22 31 40.00	- 198.49	-26.32	- 11.22	-0.06	243	-17 55 47.23	- 179.38	-19.13	- 0.37	+0.01	12.12	2.4	11	8223	1376	-17 56 33.27	- 188.94	-19.12	- 0.37	+0.01	242	+49 18 56.91	- 183.88	-33.49	- 0.07	0.00	14.07	2.8	12	8235	1379	+49 18 8.85	- 200.62	-33.45	- 0.07	0.00	244	+ 4 37 11.68	- 183.39	-23.02	+ 1.03	+0.02	14.81	2.7	13	8240	1380	+ 4 36 24.39	- 194.89	-23.01	+ 1.03	+0.02	1171	-11 30 6.50	- 194.71	-20.23	- 4.02	+0.06	21.98	4.3	26	8265	1384	-11 30 56.44	- 204.83	-20.22	- 4.00	+0.06	1172	+41 59 21.65	- 199.81	-30.92	- 0.73	0.00	28.57	4.2	22	8300	1390	+41 58 29.77	- 215.26	-30.88	- 0.73	0.00	245	-52 40 3.45	- 197.20	- 9.64	+ 2.22	-0.04	01.26	4.2	15	8302	1391	-52 40 53.35	- 202.03	- 9.64	+ 2.21	-0.04	246	- 4 43 47.03	- 222.50	-21.41	- 0.05	+0.01	17.15	2.3	14	8378	1402	- 4 44 43.99	- 233.20	-21.39	- 0.05	+0.01	1173	+20 14 44.06	- 228.54	-25.74	- 1.71	+0.01	14.01	2.1	10	8394	1405	+20 13 45.32	- 241.41	-25.72	- 1.71	+0.01	1174	+ 7 22 16.36	- 264.11	-23.38	- 0.77	0.00	19.69	3.3	14	8506	1420	+ 7 21 8.87	- 275.79	-23.36	- 0.77	0.00	1175	- 1 10 50.67	- 273.33	-21.93	- 2.25	+0.01	27.41	4.7	24	8527	1421	- 1 12 0.37	- 284.29	-21.91	- 2.25	+0.01	249	-22 55 26.07	- 285.91	-18.07	+ 1.33	0.00	15.75	3.3	17	8577	1429	-22 56 38.68	- 294.95	-18.06	+ 1.33	0.00	247	+61 31 40.36	- 316.45	-39.28	- 27.77	+0.41	17.49	2.7	12	8582	1430	+61 30 18.80	- 336.06	-39.17	- 27.67	+0.41	251	+16 26 37.40	- 307.74	-24.93	- 4.37	-0.04	07.33	1.9	7	8633	1440	+16 25 18.91	- 320.19	-24.89	- 4.38	-0.04	250	+39 26 13.20	- 317.65	-29.86	- 11.07	+0.03	15.52	2.9	13	8648	1443	+39 24 51.92	- 332.57	-29.81	- 11.06	+0.03	252	-43 9 4.09	- 316.04	-13.14	- 0.52	+0.01	09.02	4.3	18	8675	1447	-43 10 23.92	- 322.61	-13.13	- 0.52	+0.01	248	+79 37 26.18	- 389.26	-73.34	- 60.71	+0.44	15.24	2.5	11	8711	1450	+79 35 44.29	- 425.78	-72.73	- 60.60	+0.47	254	+25 10 56.92	- 356.88	-26.40	- 1.47	0.00	10.94	2.0	8	8786	1460	+25 9 26.05	- 370.06	-26.35	- 1.47	0.00	256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11	257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48																																										
234	+69 20 27.06	- 127.15	-48.09	- 10.55	-0.02	14.25	2.5	11	8020	1348																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	+69 19 52.27	- 151.17	-48.01	- 10.55	-0.02						1169	+12 17 16.13	- 100.62	-24.53	+ 18.55	-0.08	21.63	3.2	13	8033	1350	+12 16 49.44	- 112.88	-24.51	+ 18.53	-0.08	238	-35 7 22.05	- 120.71	-15.49	+ 8.38	+0.02	13.39	4.0	21	8062	1354	-35 7 53.18	- 128.45	-15.48	+ 8.38	+0.02	237	+59 1 54.24	- 130.46	-38.46	+ 2.48	+0.01	15.99	2.5	11	8068	1355	+59 1 19.22	- 149.68	-38.41	+ 2.48	+0.01	1170	- 7 48 1.79	- 151.40	-20.96	- 0.22	+0.01	18.94	3.1	16	8132	1362	- 7 48 40.95	- 161.88	-20.95	- 0.22	+0.01	240	-30 2 23.86	- 160.32	-16.70	+ 0.35	-0.01	12.23	3.6	14	8170	1365	-30 3 4.98	- 168.67	-16.70	+ 0.35	-0.01	241	+22 32 27.98	- 185.33	-26.35	- 11.21	-0.06	07.09	1.9	7	8208	1373	+22 31 40.00	- 198.49	-26.32	- 11.22	-0.06	243	-17 55 47.23	- 179.38	-19.13	- 0.37	+0.01	12.12	2.4	11	8223	1376	-17 56 33.27	- 188.94	-19.12	- 0.37	+0.01	242	+49 18 56.91	- 183.88	-33.49	- 0.07	0.00	14.07	2.8	12	8235	1379	+49 18 8.85	- 200.62	-33.45	- 0.07	0.00	244	+ 4 37 11.68	- 183.39	-23.02	+ 1.03	+0.02	14.81	2.7	13	8240	1380	+ 4 36 24.39	- 194.89	-23.01	+ 1.03	+0.02	1171	-11 30 6.50	- 194.71	-20.23	- 4.02	+0.06	21.98	4.3	26	8265	1384	-11 30 56.44	- 204.83	-20.22	- 4.00	+0.06	1172	+41 59 21.65	- 199.81	-30.92	- 0.73	0.00	28.57	4.2	22	8300	1390	+41 58 29.77	- 215.26	-30.88	- 0.73	0.00	245	-52 40 3.45	- 197.20	- 9.64	+ 2.22	-0.04	01.26	4.2	15	8302	1391	-52 40 53.35	- 202.03	- 9.64	+ 2.21	-0.04	246	- 4 43 47.03	- 222.50	-21.41	- 0.05	+0.01	17.15	2.3	14	8378	1402	- 4 44 43.99	- 233.20	-21.39	- 0.05	+0.01	1173	+20 14 44.06	- 228.54	-25.74	- 1.71	+0.01	14.01	2.1	10	8394	1405	+20 13 45.32	- 241.41	-25.72	- 1.71	+0.01	1174	+ 7 22 16.36	- 264.11	-23.38	- 0.77	0.00	19.69	3.3	14	8506	1420	+ 7 21 8.87	- 275.79	-23.36	- 0.77	0.00	1175	- 1 10 50.67	- 273.33	-21.93	- 2.25	+0.01	27.41	4.7	24	8527	1421	- 1 12 0.37	- 284.29	-21.91	- 2.25	+0.01	249	-22 55 26.07	- 285.91	-18.07	+ 1.33	0.00	15.75	3.3	17	8577	1429	-22 56 38.68	- 294.95	-18.06	+ 1.33	0.00	247	+61 31 40.36	- 316.45	-39.28	- 27.77	+0.41	17.49	2.7	12	8582	1430	+61 30 18.80	- 336.06	-39.17	- 27.67	+0.41	251	+16 26 37.40	- 307.74	-24.93	- 4.37	-0.04	07.33	1.9	7	8633	1440	+16 25 18.91	- 320.19	-24.89	- 4.38	-0.04	250	+39 26 13.20	- 317.65	-29.86	- 11.07	+0.03	15.52	2.9	13	8648	1443	+39 24 51.92	- 332.57	-29.81	- 11.06	+0.03	252	-43 9 4.09	- 316.04	-13.14	- 0.52	+0.01	09.02	4.3	18	8675	1447	-43 10 23.92	- 322.61	-13.13	- 0.52	+0.01	248	+79 37 26.18	- 389.26	-73.34	- 60.71	+0.44	15.24	2.5	11	8711	1450	+79 35 44.29	- 425.78	-72.73	- 60.60	+0.47	254	+25 10 56.92	- 356.88	-26.40	- 1.47	0.00	10.94	2.0	8	8786	1460	+25 9 26.05	- 370.06	-26.35	- 1.47	0.00	256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11	257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48																																																										
1169	+12 17 16.13	- 100.62	-24.53	+ 18.55	-0.08	21.63	3.2	13	8033	1350																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	+12 16 49.44	- 112.88	-24.51	+ 18.53	-0.08						238	-35 7 22.05	- 120.71	-15.49	+ 8.38	+0.02	13.39	4.0	21	8062	1354	-35 7 53.18	- 128.45	-15.48	+ 8.38	+0.02	237	+59 1 54.24	- 130.46	-38.46	+ 2.48	+0.01	15.99	2.5	11	8068	1355	+59 1 19.22	- 149.68	-38.41	+ 2.48	+0.01	1170	- 7 48 1.79	- 151.40	-20.96	- 0.22	+0.01	18.94	3.1	16	8132	1362	- 7 48 40.95	- 161.88	-20.95	- 0.22	+0.01	240	-30 2 23.86	- 160.32	-16.70	+ 0.35	-0.01	12.23	3.6	14	8170	1365	-30 3 4.98	- 168.67	-16.70	+ 0.35	-0.01	241	+22 32 27.98	- 185.33	-26.35	- 11.21	-0.06	07.09	1.9	7	8208	1373	+22 31 40.00	- 198.49	-26.32	- 11.22	-0.06	243	-17 55 47.23	- 179.38	-19.13	- 0.37	+0.01	12.12	2.4	11	8223	1376	-17 56 33.27	- 188.94	-19.12	- 0.37	+0.01	242	+49 18 56.91	- 183.88	-33.49	- 0.07	0.00	14.07	2.8	12	8235	1379	+49 18 8.85	- 200.62	-33.45	- 0.07	0.00	244	+ 4 37 11.68	- 183.39	-23.02	+ 1.03	+0.02	14.81	2.7	13	8240	1380	+ 4 36 24.39	- 194.89	-23.01	+ 1.03	+0.02	1171	-11 30 6.50	- 194.71	-20.23	- 4.02	+0.06	21.98	4.3	26	8265	1384	-11 30 56.44	- 204.83	-20.22	- 4.00	+0.06	1172	+41 59 21.65	- 199.81	-30.92	- 0.73	0.00	28.57	4.2	22	8300	1390	+41 58 29.77	- 215.26	-30.88	- 0.73	0.00	245	-52 40 3.45	- 197.20	- 9.64	+ 2.22	-0.04	01.26	4.2	15	8302	1391	-52 40 53.35	- 202.03	- 9.64	+ 2.21	-0.04	246	- 4 43 47.03	- 222.50	-21.41	- 0.05	+0.01	17.15	2.3	14	8378	1402	- 4 44 43.99	- 233.20	-21.39	- 0.05	+0.01	1173	+20 14 44.06	- 228.54	-25.74	- 1.71	+0.01	14.01	2.1	10	8394	1405	+20 13 45.32	- 241.41	-25.72	- 1.71	+0.01	1174	+ 7 22 16.36	- 264.11	-23.38	- 0.77	0.00	19.69	3.3	14	8506	1420	+ 7 21 8.87	- 275.79	-23.36	- 0.77	0.00	1175	- 1 10 50.67	- 273.33	-21.93	- 2.25	+0.01	27.41	4.7	24	8527	1421	- 1 12 0.37	- 284.29	-21.91	- 2.25	+0.01	249	-22 55 26.07	- 285.91	-18.07	+ 1.33	0.00	15.75	3.3	17	8577	1429	-22 56 38.68	- 294.95	-18.06	+ 1.33	0.00	247	+61 31 40.36	- 316.45	-39.28	- 27.77	+0.41	17.49	2.7	12	8582	1430	+61 30 18.80	- 336.06	-39.17	- 27.67	+0.41	251	+16 26 37.40	- 307.74	-24.93	- 4.37	-0.04	07.33	1.9	7	8633	1440	+16 25 18.91	- 320.19	-24.89	- 4.38	-0.04	250	+39 26 13.20	- 317.65	-29.86	- 11.07	+0.03	15.52	2.9	13	8648	1443	+39 24 51.92	- 332.57	-29.81	- 11.06	+0.03	252	-43 9 4.09	- 316.04	-13.14	- 0.52	+0.01	09.02	4.3	18	8675	1447	-43 10 23.92	- 322.61	-13.13	- 0.52	+0.01	248	+79 37 26.18	- 389.26	-73.34	- 60.71	+0.44	15.24	2.5	11	8711	1450	+79 35 44.29	- 425.78	-72.73	- 60.60	+0.47	254	+25 10 56.92	- 356.88	-26.40	- 1.47	0.00	10.94	2.0	8	8786	1460	+25 9 26.05	- 370.06	-26.35	- 1.47	0.00	256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11	257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48																																																																										
238	-35 7 22.05	- 120.71	-15.49	+ 8.38	+0.02	13.39	4.0	21	8062	1354																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	-35 7 53.18	- 128.45	-15.48	+ 8.38	+0.02						237	+59 1 54.24	- 130.46	-38.46	+ 2.48	+0.01	15.99	2.5	11	8068	1355	+59 1 19.22	- 149.68	-38.41	+ 2.48	+0.01	1170	- 7 48 1.79	- 151.40	-20.96	- 0.22	+0.01	18.94	3.1	16	8132	1362	- 7 48 40.95	- 161.88	-20.95	- 0.22	+0.01	240	-30 2 23.86	- 160.32	-16.70	+ 0.35	-0.01	12.23	3.6	14	8170	1365	-30 3 4.98	- 168.67	-16.70	+ 0.35	-0.01	241	+22 32 27.98	- 185.33	-26.35	- 11.21	-0.06	07.09	1.9	7	8208	1373	+22 31 40.00	- 198.49	-26.32	- 11.22	-0.06	243	-17 55 47.23	- 179.38	-19.13	- 0.37	+0.01	12.12	2.4	11	8223	1376	-17 56 33.27	- 188.94	-19.12	- 0.37	+0.01	242	+49 18 56.91	- 183.88	-33.49	- 0.07	0.00	14.07	2.8	12	8235	1379	+49 18 8.85	- 200.62	-33.45	- 0.07	0.00	244	+ 4 37 11.68	- 183.39	-23.02	+ 1.03	+0.02	14.81	2.7	13	8240	1380	+ 4 36 24.39	- 194.89	-23.01	+ 1.03	+0.02	1171	-11 30 6.50	- 194.71	-20.23	- 4.02	+0.06	21.98	4.3	26	8265	1384	-11 30 56.44	- 204.83	-20.22	- 4.00	+0.06	1172	+41 59 21.65	- 199.81	-30.92	- 0.73	0.00	28.57	4.2	22	8300	1390	+41 58 29.77	- 215.26	-30.88	- 0.73	0.00	245	-52 40 3.45	- 197.20	- 9.64	+ 2.22	-0.04	01.26	4.2	15	8302	1391	-52 40 53.35	- 202.03	- 9.64	+ 2.21	-0.04	246	- 4 43 47.03	- 222.50	-21.41	- 0.05	+0.01	17.15	2.3	14	8378	1402	- 4 44 43.99	- 233.20	-21.39	- 0.05	+0.01	1173	+20 14 44.06	- 228.54	-25.74	- 1.71	+0.01	14.01	2.1	10	8394	1405	+20 13 45.32	- 241.41	-25.72	- 1.71	+0.01	1174	+ 7 22 16.36	- 264.11	-23.38	- 0.77	0.00	19.69	3.3	14	8506	1420	+ 7 21 8.87	- 275.79	-23.36	- 0.77	0.00	1175	- 1 10 50.67	- 273.33	-21.93	- 2.25	+0.01	27.41	4.7	24	8527	1421	- 1 12 0.37	- 284.29	-21.91	- 2.25	+0.01	249	-22 55 26.07	- 285.91	-18.07	+ 1.33	0.00	15.75	3.3	17	8577	1429	-22 56 38.68	- 294.95	-18.06	+ 1.33	0.00	247	+61 31 40.36	- 316.45	-39.28	- 27.77	+0.41	17.49	2.7	12	8582	1430	+61 30 18.80	- 336.06	-39.17	- 27.67	+0.41	251	+16 26 37.40	- 307.74	-24.93	- 4.37	-0.04	07.33	1.9	7	8633	1440	+16 25 18.91	- 320.19	-24.89	- 4.38	-0.04	250	+39 26 13.20	- 317.65	-29.86	- 11.07	+0.03	15.52	2.9	13	8648	1443	+39 24 51.92	- 332.57	-29.81	- 11.06	+0.03	252	-43 9 4.09	- 316.04	-13.14	- 0.52	+0.01	09.02	4.3	18	8675	1447	-43 10 23.92	- 322.61	-13.13	- 0.52	+0.01	248	+79 37 26.18	- 389.26	-73.34	- 60.71	+0.44	15.24	2.5	11	8711	1450	+79 35 44.29	- 425.78	-72.73	- 60.60	+0.47	254	+25 10 56.92	- 356.88	-26.40	- 1.47	0.00	10.94	2.0	8	8786	1460	+25 9 26.05	- 370.06	-26.35	- 1.47	0.00	256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11	257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48																																																																																										
237	+59 1 54.24	- 130.46	-38.46	+ 2.48	+0.01	15.99	2.5	11	8068	1355																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	+59 1 19.22	- 149.68	-38.41	+ 2.48	+0.01						1170	- 7 48 1.79	- 151.40	-20.96	- 0.22	+0.01	18.94	3.1	16	8132	1362	- 7 48 40.95	- 161.88	-20.95	- 0.22	+0.01	240	-30 2 23.86	- 160.32	-16.70	+ 0.35	-0.01	12.23	3.6	14	8170	1365	-30 3 4.98	- 168.67	-16.70	+ 0.35	-0.01	241	+22 32 27.98	- 185.33	-26.35	- 11.21	-0.06	07.09	1.9	7	8208	1373	+22 31 40.00	- 198.49	-26.32	- 11.22	-0.06	243	-17 55 47.23	- 179.38	-19.13	- 0.37	+0.01	12.12	2.4	11	8223	1376	-17 56 33.27	- 188.94	-19.12	- 0.37	+0.01	242	+49 18 56.91	- 183.88	-33.49	- 0.07	0.00	14.07	2.8	12	8235	1379	+49 18 8.85	- 200.62	-33.45	- 0.07	0.00	244	+ 4 37 11.68	- 183.39	-23.02	+ 1.03	+0.02	14.81	2.7	13	8240	1380	+ 4 36 24.39	- 194.89	-23.01	+ 1.03	+0.02	1171	-11 30 6.50	- 194.71	-20.23	- 4.02	+0.06	21.98	4.3	26	8265	1384	-11 30 56.44	- 204.83	-20.22	- 4.00	+0.06	1172	+41 59 21.65	- 199.81	-30.92	- 0.73	0.00	28.57	4.2	22	8300	1390	+41 58 29.77	- 215.26	-30.88	- 0.73	0.00	245	-52 40 3.45	- 197.20	- 9.64	+ 2.22	-0.04	01.26	4.2	15	8302	1391	-52 40 53.35	- 202.03	- 9.64	+ 2.21	-0.04	246	- 4 43 47.03	- 222.50	-21.41	- 0.05	+0.01	17.15	2.3	14	8378	1402	- 4 44 43.99	- 233.20	-21.39	- 0.05	+0.01	1173	+20 14 44.06	- 228.54	-25.74	- 1.71	+0.01	14.01	2.1	10	8394	1405	+20 13 45.32	- 241.41	-25.72	- 1.71	+0.01	1174	+ 7 22 16.36	- 264.11	-23.38	- 0.77	0.00	19.69	3.3	14	8506	1420	+ 7 21 8.87	- 275.79	-23.36	- 0.77	0.00	1175	- 1 10 50.67	- 273.33	-21.93	- 2.25	+0.01	27.41	4.7	24	8527	1421	- 1 12 0.37	- 284.29	-21.91	- 2.25	+0.01	249	-22 55 26.07	- 285.91	-18.07	+ 1.33	0.00	15.75	3.3	17	8577	1429	-22 56 38.68	- 294.95	-18.06	+ 1.33	0.00	247	+61 31 40.36	- 316.45	-39.28	- 27.77	+0.41	17.49	2.7	12	8582	1430	+61 30 18.80	- 336.06	-39.17	- 27.67	+0.41	251	+16 26 37.40	- 307.74	-24.93	- 4.37	-0.04	07.33	1.9	7	8633	1440	+16 25 18.91	- 320.19	-24.89	- 4.38	-0.04	250	+39 26 13.20	- 317.65	-29.86	- 11.07	+0.03	15.52	2.9	13	8648	1443	+39 24 51.92	- 332.57	-29.81	- 11.06	+0.03	252	-43 9 4.09	- 316.04	-13.14	- 0.52	+0.01	09.02	4.3	18	8675	1447	-43 10 23.92	- 322.61	-13.13	- 0.52	+0.01	248	+79 37 26.18	- 389.26	-73.34	- 60.71	+0.44	15.24	2.5	11	8711	1450	+79 35 44.29	- 425.78	-72.73	- 60.60	+0.47	254	+25 10 56.92	- 356.88	-26.40	- 1.47	0.00	10.94	2.0	8	8786	1460	+25 9 26.05	- 370.06	-26.35	- 1.47	0.00	256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11	257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48																																																																																																										
1170	- 7 48 1.79	- 151.40	-20.96	- 0.22	+0.01	18.94	3.1	16	8132	1362																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	- 7 48 40.95	- 161.88	-20.95	- 0.22	+0.01						240	-30 2 23.86	- 160.32	-16.70	+ 0.35	-0.01	12.23	3.6	14	8170	1365	-30 3 4.98	- 168.67	-16.70	+ 0.35	-0.01	241	+22 32 27.98	- 185.33	-26.35	- 11.21	-0.06	07.09	1.9	7	8208	1373	+22 31 40.00	- 198.49	-26.32	- 11.22	-0.06	243	-17 55 47.23	- 179.38	-19.13	- 0.37	+0.01	12.12	2.4	11	8223	1376	-17 56 33.27	- 188.94	-19.12	- 0.37	+0.01	242	+49 18 56.91	- 183.88	-33.49	- 0.07	0.00	14.07	2.8	12	8235	1379	+49 18 8.85	- 200.62	-33.45	- 0.07	0.00	244	+ 4 37 11.68	- 183.39	-23.02	+ 1.03	+0.02	14.81	2.7	13	8240	1380	+ 4 36 24.39	- 194.89	-23.01	+ 1.03	+0.02	1171	-11 30 6.50	- 194.71	-20.23	- 4.02	+0.06	21.98	4.3	26	8265	1384	-11 30 56.44	- 204.83	-20.22	- 4.00	+0.06	1172	+41 59 21.65	- 199.81	-30.92	- 0.73	0.00	28.57	4.2	22	8300	1390	+41 58 29.77	- 215.26	-30.88	- 0.73	0.00	245	-52 40 3.45	- 197.20	- 9.64	+ 2.22	-0.04	01.26	4.2	15	8302	1391	-52 40 53.35	- 202.03	- 9.64	+ 2.21	-0.04	246	- 4 43 47.03	- 222.50	-21.41	- 0.05	+0.01	17.15	2.3	14	8378	1402	- 4 44 43.99	- 233.20	-21.39	- 0.05	+0.01	1173	+20 14 44.06	- 228.54	-25.74	- 1.71	+0.01	14.01	2.1	10	8394	1405	+20 13 45.32	- 241.41	-25.72	- 1.71	+0.01	1174	+ 7 22 16.36	- 264.11	-23.38	- 0.77	0.00	19.69	3.3	14	8506	1420	+ 7 21 8.87	- 275.79	-23.36	- 0.77	0.00	1175	- 1 10 50.67	- 273.33	-21.93	- 2.25	+0.01	27.41	4.7	24	8527	1421	- 1 12 0.37	- 284.29	-21.91	- 2.25	+0.01	249	-22 55 26.07	- 285.91	-18.07	+ 1.33	0.00	15.75	3.3	17	8577	1429	-22 56 38.68	- 294.95	-18.06	+ 1.33	0.00	247	+61 31 40.36	- 316.45	-39.28	- 27.77	+0.41	17.49	2.7	12	8582	1430	+61 30 18.80	- 336.06	-39.17	- 27.67	+0.41	251	+16 26 37.40	- 307.74	-24.93	- 4.37	-0.04	07.33	1.9	7	8633	1440	+16 25 18.91	- 320.19	-24.89	- 4.38	-0.04	250	+39 26 13.20	- 317.65	-29.86	- 11.07	+0.03	15.52	2.9	13	8648	1443	+39 24 51.92	- 332.57	-29.81	- 11.06	+0.03	252	-43 9 4.09	- 316.04	-13.14	- 0.52	+0.01	09.02	4.3	18	8675	1447	-43 10 23.92	- 322.61	-13.13	- 0.52	+0.01	248	+79 37 26.18	- 389.26	-73.34	- 60.71	+0.44	15.24	2.5	11	8711	1450	+79 35 44.29	- 425.78	-72.73	- 60.60	+0.47	254	+25 10 56.92	- 356.88	-26.40	- 1.47	0.00	10.94	2.0	8	8786	1460	+25 9 26.05	- 370.06	-26.35	- 1.47	0.00	256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11	257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48																																																																																																																										
240	-30 2 23.86	- 160.32	-16.70	+ 0.35	-0.01	12.23	3.6	14	8170	1365																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	-30 3 4.98	- 168.67	-16.70	+ 0.35	-0.01						241	+22 32 27.98	- 185.33	-26.35	- 11.21	-0.06	07.09	1.9	7	8208	1373	+22 31 40.00	- 198.49	-26.32	- 11.22	-0.06	243	-17 55 47.23	- 179.38	-19.13	- 0.37	+0.01	12.12	2.4	11	8223	1376	-17 56 33.27	- 188.94	-19.12	- 0.37	+0.01	242	+49 18 56.91	- 183.88	-33.49	- 0.07	0.00	14.07	2.8	12	8235	1379	+49 18 8.85	- 200.62	-33.45	- 0.07	0.00	244	+ 4 37 11.68	- 183.39	-23.02	+ 1.03	+0.02	14.81	2.7	13	8240	1380	+ 4 36 24.39	- 194.89	-23.01	+ 1.03	+0.02	1171	-11 30 6.50	- 194.71	-20.23	- 4.02	+0.06	21.98	4.3	26	8265	1384	-11 30 56.44	- 204.83	-20.22	- 4.00	+0.06	1172	+41 59 21.65	- 199.81	-30.92	- 0.73	0.00	28.57	4.2	22	8300	1390	+41 58 29.77	- 215.26	-30.88	- 0.73	0.00	245	-52 40 3.45	- 197.20	- 9.64	+ 2.22	-0.04	01.26	4.2	15	8302	1391	-52 40 53.35	- 202.03	- 9.64	+ 2.21	-0.04	246	- 4 43 47.03	- 222.50	-21.41	- 0.05	+0.01	17.15	2.3	14	8378	1402	- 4 44 43.99	- 233.20	-21.39	- 0.05	+0.01	1173	+20 14 44.06	- 228.54	-25.74	- 1.71	+0.01	14.01	2.1	10	8394	1405	+20 13 45.32	- 241.41	-25.72	- 1.71	+0.01	1174	+ 7 22 16.36	- 264.11	-23.38	- 0.77	0.00	19.69	3.3	14	8506	1420	+ 7 21 8.87	- 275.79	-23.36	- 0.77	0.00	1175	- 1 10 50.67	- 273.33	-21.93	- 2.25	+0.01	27.41	4.7	24	8527	1421	- 1 12 0.37	- 284.29	-21.91	- 2.25	+0.01	249	-22 55 26.07	- 285.91	-18.07	+ 1.33	0.00	15.75	3.3	17	8577	1429	-22 56 38.68	- 294.95	-18.06	+ 1.33	0.00	247	+61 31 40.36	- 316.45	-39.28	- 27.77	+0.41	17.49	2.7	12	8582	1430	+61 30 18.80	- 336.06	-39.17	- 27.67	+0.41	251	+16 26 37.40	- 307.74	-24.93	- 4.37	-0.04	07.33	1.9	7	8633	1440	+16 25 18.91	- 320.19	-24.89	- 4.38	-0.04	250	+39 26 13.20	- 317.65	-29.86	- 11.07	+0.03	15.52	2.9	13	8648	1443	+39 24 51.92	- 332.57	-29.81	- 11.06	+0.03	252	-43 9 4.09	- 316.04	-13.14	- 0.52	+0.01	09.02	4.3	18	8675	1447	-43 10 23.92	- 322.61	-13.13	- 0.52	+0.01	248	+79 37 26.18	- 389.26	-73.34	- 60.71	+0.44	15.24	2.5	11	8711	1450	+79 35 44.29	- 425.78	-72.73	- 60.60	+0.47	254	+25 10 56.92	- 356.88	-26.40	- 1.47	0.00	10.94	2.0	8	8786	1460	+25 9 26.05	- 370.06	-26.35	- 1.47	0.00	256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11	257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48																																																																																																																																										
241	+22 32 27.98	- 185.33	-26.35	- 11.21	-0.06	07.09	1.9	7	8208	1373																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	+22 31 40.00	- 198.49	-26.32	- 11.22	-0.06						243	-17 55 47.23	- 179.38	-19.13	- 0.37	+0.01	12.12	2.4	11	8223	1376	-17 56 33.27	- 188.94	-19.12	- 0.37	+0.01	242	+49 18 56.91	- 183.88	-33.49	- 0.07	0.00	14.07	2.8	12	8235	1379	+49 18 8.85	- 200.62	-33.45	- 0.07	0.00	244	+ 4 37 11.68	- 183.39	-23.02	+ 1.03	+0.02	14.81	2.7	13	8240	1380	+ 4 36 24.39	- 194.89	-23.01	+ 1.03	+0.02	1171	-11 30 6.50	- 194.71	-20.23	- 4.02	+0.06	21.98	4.3	26	8265	1384	-11 30 56.44	- 204.83	-20.22	- 4.00	+0.06	1172	+41 59 21.65	- 199.81	-30.92	- 0.73	0.00	28.57	4.2	22	8300	1390	+41 58 29.77	- 215.26	-30.88	- 0.73	0.00	245	-52 40 3.45	- 197.20	- 9.64	+ 2.22	-0.04	01.26	4.2	15	8302	1391	-52 40 53.35	- 202.03	- 9.64	+ 2.21	-0.04	246	- 4 43 47.03	- 222.50	-21.41	- 0.05	+0.01	17.15	2.3	14	8378	1402	- 4 44 43.99	- 233.20	-21.39	- 0.05	+0.01	1173	+20 14 44.06	- 228.54	-25.74	- 1.71	+0.01	14.01	2.1	10	8394	1405	+20 13 45.32	- 241.41	-25.72	- 1.71	+0.01	1174	+ 7 22 16.36	- 264.11	-23.38	- 0.77	0.00	19.69	3.3	14	8506	1420	+ 7 21 8.87	- 275.79	-23.36	- 0.77	0.00	1175	- 1 10 50.67	- 273.33	-21.93	- 2.25	+0.01	27.41	4.7	24	8527	1421	- 1 12 0.37	- 284.29	-21.91	- 2.25	+0.01	249	-22 55 26.07	- 285.91	-18.07	+ 1.33	0.00	15.75	3.3	17	8577	1429	-22 56 38.68	- 294.95	-18.06	+ 1.33	0.00	247	+61 31 40.36	- 316.45	-39.28	- 27.77	+0.41	17.49	2.7	12	8582	1430	+61 30 18.80	- 336.06	-39.17	- 27.67	+0.41	251	+16 26 37.40	- 307.74	-24.93	- 4.37	-0.04	07.33	1.9	7	8633	1440	+16 25 18.91	- 320.19	-24.89	- 4.38	-0.04	250	+39 26 13.20	- 317.65	-29.86	- 11.07	+0.03	15.52	2.9	13	8648	1443	+39 24 51.92	- 332.57	-29.81	- 11.06	+0.03	252	-43 9 4.09	- 316.04	-13.14	- 0.52	+0.01	09.02	4.3	18	8675	1447	-43 10 23.92	- 322.61	-13.13	- 0.52	+0.01	248	+79 37 26.18	- 389.26	-73.34	- 60.71	+0.44	15.24	2.5	11	8711	1450	+79 35 44.29	- 425.78	-72.73	- 60.60	+0.47	254	+25 10 56.92	- 356.88	-26.40	- 1.47	0.00	10.94	2.0	8	8786	1460	+25 9 26.05	- 370.06	-26.35	- 1.47	0.00	256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11	257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48																																																																																																																																																										
243	-17 55 47.23	- 179.38	-19.13	- 0.37	+0.01	12.12	2.4	11	8223	1376																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	-17 56 33.27	- 188.94	-19.12	- 0.37	+0.01						242	+49 18 56.91	- 183.88	-33.49	- 0.07	0.00	14.07	2.8	12	8235	1379	+49 18 8.85	- 200.62	-33.45	- 0.07	0.00	244	+ 4 37 11.68	- 183.39	-23.02	+ 1.03	+0.02	14.81	2.7	13	8240	1380	+ 4 36 24.39	- 194.89	-23.01	+ 1.03	+0.02	1171	-11 30 6.50	- 194.71	-20.23	- 4.02	+0.06	21.98	4.3	26	8265	1384	-11 30 56.44	- 204.83	-20.22	- 4.00	+0.06	1172	+41 59 21.65	- 199.81	-30.92	- 0.73	0.00	28.57	4.2	22	8300	1390	+41 58 29.77	- 215.26	-30.88	- 0.73	0.00	245	-52 40 3.45	- 197.20	- 9.64	+ 2.22	-0.04	01.26	4.2	15	8302	1391	-52 40 53.35	- 202.03	- 9.64	+ 2.21	-0.04	246	- 4 43 47.03	- 222.50	-21.41	- 0.05	+0.01	17.15	2.3	14	8378	1402	- 4 44 43.99	- 233.20	-21.39	- 0.05	+0.01	1173	+20 14 44.06	- 228.54	-25.74	- 1.71	+0.01	14.01	2.1	10	8394	1405	+20 13 45.32	- 241.41	-25.72	- 1.71	+0.01	1174	+ 7 22 16.36	- 264.11	-23.38	- 0.77	0.00	19.69	3.3	14	8506	1420	+ 7 21 8.87	- 275.79	-23.36	- 0.77	0.00	1175	- 1 10 50.67	- 273.33	-21.93	- 2.25	+0.01	27.41	4.7	24	8527	1421	- 1 12 0.37	- 284.29	-21.91	- 2.25	+0.01	249	-22 55 26.07	- 285.91	-18.07	+ 1.33	0.00	15.75	3.3	17	8577	1429	-22 56 38.68	- 294.95	-18.06	+ 1.33	0.00	247	+61 31 40.36	- 316.45	-39.28	- 27.77	+0.41	17.49	2.7	12	8582	1430	+61 30 18.80	- 336.06	-39.17	- 27.67	+0.41	251	+16 26 37.40	- 307.74	-24.93	- 4.37	-0.04	07.33	1.9	7	8633	1440	+16 25 18.91	- 320.19	-24.89	- 4.38	-0.04	250	+39 26 13.20	- 317.65	-29.86	- 11.07	+0.03	15.52	2.9	13	8648	1443	+39 24 51.92	- 332.57	-29.81	- 11.06	+0.03	252	-43 9 4.09	- 316.04	-13.14	- 0.52	+0.01	09.02	4.3	18	8675	1447	-43 10 23.92	- 322.61	-13.13	- 0.52	+0.01	248	+79 37 26.18	- 389.26	-73.34	- 60.71	+0.44	15.24	2.5	11	8711	1450	+79 35 44.29	- 425.78	-72.73	- 60.60	+0.47	254	+25 10 56.92	- 356.88	-26.40	- 1.47	0.00	10.94	2.0	8	8786	1460	+25 9 26.05	- 370.06	-26.35	- 1.47	0.00	256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11	257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48																																																																																																																																																																										
242	+49 18 56.91	- 183.88	-33.49	- 0.07	0.00	14.07	2.8	12	8235	1379																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	+49 18 8.85	- 200.62	-33.45	- 0.07	0.00						244	+ 4 37 11.68	- 183.39	-23.02	+ 1.03	+0.02	14.81	2.7	13	8240	1380	+ 4 36 24.39	- 194.89	-23.01	+ 1.03	+0.02	1171	-11 30 6.50	- 194.71	-20.23	- 4.02	+0.06	21.98	4.3	26	8265	1384	-11 30 56.44	- 204.83	-20.22	- 4.00	+0.06	1172	+41 59 21.65	- 199.81	-30.92	- 0.73	0.00	28.57	4.2	22	8300	1390	+41 58 29.77	- 215.26	-30.88	- 0.73	0.00	245	-52 40 3.45	- 197.20	- 9.64	+ 2.22	-0.04	01.26	4.2	15	8302	1391	-52 40 53.35	- 202.03	- 9.64	+ 2.21	-0.04	246	- 4 43 47.03	- 222.50	-21.41	- 0.05	+0.01	17.15	2.3	14	8378	1402	- 4 44 43.99	- 233.20	-21.39	- 0.05	+0.01	1173	+20 14 44.06	- 228.54	-25.74	- 1.71	+0.01	14.01	2.1	10	8394	1405	+20 13 45.32	- 241.41	-25.72	- 1.71	+0.01	1174	+ 7 22 16.36	- 264.11	-23.38	- 0.77	0.00	19.69	3.3	14	8506	1420	+ 7 21 8.87	- 275.79	-23.36	- 0.77	0.00	1175	- 1 10 50.67	- 273.33	-21.93	- 2.25	+0.01	27.41	4.7	24	8527	1421	- 1 12 0.37	- 284.29	-21.91	- 2.25	+0.01	249	-22 55 26.07	- 285.91	-18.07	+ 1.33	0.00	15.75	3.3	17	8577	1429	-22 56 38.68	- 294.95	-18.06	+ 1.33	0.00	247	+61 31 40.36	- 316.45	-39.28	- 27.77	+0.41	17.49	2.7	12	8582	1430	+61 30 18.80	- 336.06	-39.17	- 27.67	+0.41	251	+16 26 37.40	- 307.74	-24.93	- 4.37	-0.04	07.33	1.9	7	8633	1440	+16 25 18.91	- 320.19	-24.89	- 4.38	-0.04	250	+39 26 13.20	- 317.65	-29.86	- 11.07	+0.03	15.52	2.9	13	8648	1443	+39 24 51.92	- 332.57	-29.81	- 11.06	+0.03	252	-43 9 4.09	- 316.04	-13.14	- 0.52	+0.01	09.02	4.3	18	8675	1447	-43 10 23.92	- 322.61	-13.13	- 0.52	+0.01	248	+79 37 26.18	- 389.26	-73.34	- 60.71	+0.44	15.24	2.5	11	8711	1450	+79 35 44.29	- 425.78	-72.73	- 60.60	+0.47	254	+25 10 56.92	- 356.88	-26.40	- 1.47	0.00	10.94	2.0	8	8786	1460	+25 9 26.05	- 370.06	-26.35	- 1.47	0.00	256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11	257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48																																																																																																																																																																																										
244	+ 4 37 11.68	- 183.39	-23.02	+ 1.03	+0.02	14.81	2.7	13	8240	1380																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	+ 4 36 24.39	- 194.89	-23.01	+ 1.03	+0.02						1171	-11 30 6.50	- 194.71	-20.23	- 4.02	+0.06	21.98	4.3	26	8265	1384	-11 30 56.44	- 204.83	-20.22	- 4.00	+0.06	1172	+41 59 21.65	- 199.81	-30.92	- 0.73	0.00	28.57	4.2	22	8300	1390	+41 58 29.77	- 215.26	-30.88	- 0.73	0.00	245	-52 40 3.45	- 197.20	- 9.64	+ 2.22	-0.04	01.26	4.2	15	8302	1391	-52 40 53.35	- 202.03	- 9.64	+ 2.21	-0.04	246	- 4 43 47.03	- 222.50	-21.41	- 0.05	+0.01	17.15	2.3	14	8378	1402	- 4 44 43.99	- 233.20	-21.39	- 0.05	+0.01	1173	+20 14 44.06	- 228.54	-25.74	- 1.71	+0.01	14.01	2.1	10	8394	1405	+20 13 45.32	- 241.41	-25.72	- 1.71	+0.01	1174	+ 7 22 16.36	- 264.11	-23.38	- 0.77	0.00	19.69	3.3	14	8506	1420	+ 7 21 8.87	- 275.79	-23.36	- 0.77	0.00	1175	- 1 10 50.67	- 273.33	-21.93	- 2.25	+0.01	27.41	4.7	24	8527	1421	- 1 12 0.37	- 284.29	-21.91	- 2.25	+0.01	249	-22 55 26.07	- 285.91	-18.07	+ 1.33	0.00	15.75	3.3	17	8577	1429	-22 56 38.68	- 294.95	-18.06	+ 1.33	0.00	247	+61 31 40.36	- 316.45	-39.28	- 27.77	+0.41	17.49	2.7	12	8582	1430	+61 30 18.80	- 336.06	-39.17	- 27.67	+0.41	251	+16 26 37.40	- 307.74	-24.93	- 4.37	-0.04	07.33	1.9	7	8633	1440	+16 25 18.91	- 320.19	-24.89	- 4.38	-0.04	250	+39 26 13.20	- 317.65	-29.86	- 11.07	+0.03	15.52	2.9	13	8648	1443	+39 24 51.92	- 332.57	-29.81	- 11.06	+0.03	252	-43 9 4.09	- 316.04	-13.14	- 0.52	+0.01	09.02	4.3	18	8675	1447	-43 10 23.92	- 322.61	-13.13	- 0.52	+0.01	248	+79 37 26.18	- 389.26	-73.34	- 60.71	+0.44	15.24	2.5	11	8711	1450	+79 35 44.29	- 425.78	-72.73	- 60.60	+0.47	254	+25 10 56.92	- 356.88	-26.40	- 1.47	0.00	10.94	2.0	8	8786	1460	+25 9 26.05	- 370.06	-26.35	- 1.47	0.00	256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11	257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48																																																																																																																																																																																																										
1171	-11 30 6.50	- 194.71	-20.23	- 4.02	+0.06	21.98	4.3	26	8265	1384																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	-11 30 56.44	- 204.83	-20.22	- 4.00	+0.06						1172	+41 59 21.65	- 199.81	-30.92	- 0.73	0.00	28.57	4.2	22	8300	1390	+41 58 29.77	- 215.26	-30.88	- 0.73	0.00	245	-52 40 3.45	- 197.20	- 9.64	+ 2.22	-0.04	01.26	4.2	15	8302	1391	-52 40 53.35	- 202.03	- 9.64	+ 2.21	-0.04	246	- 4 43 47.03	- 222.50	-21.41	- 0.05	+0.01	17.15	2.3	14	8378	1402	- 4 44 43.99	- 233.20	-21.39	- 0.05	+0.01	1173	+20 14 44.06	- 228.54	-25.74	- 1.71	+0.01	14.01	2.1	10	8394	1405	+20 13 45.32	- 241.41	-25.72	- 1.71	+0.01	1174	+ 7 22 16.36	- 264.11	-23.38	- 0.77	0.00	19.69	3.3	14	8506	1420	+ 7 21 8.87	- 275.79	-23.36	- 0.77	0.00	1175	- 1 10 50.67	- 273.33	-21.93	- 2.25	+0.01	27.41	4.7	24	8527	1421	- 1 12 0.37	- 284.29	-21.91	- 2.25	+0.01	249	-22 55 26.07	- 285.91	-18.07	+ 1.33	0.00	15.75	3.3	17	8577	1429	-22 56 38.68	- 294.95	-18.06	+ 1.33	0.00	247	+61 31 40.36	- 316.45	-39.28	- 27.77	+0.41	17.49	2.7	12	8582	1430	+61 30 18.80	- 336.06	-39.17	- 27.67	+0.41	251	+16 26 37.40	- 307.74	-24.93	- 4.37	-0.04	07.33	1.9	7	8633	1440	+16 25 18.91	- 320.19	-24.89	- 4.38	-0.04	250	+39 26 13.20	- 317.65	-29.86	- 11.07	+0.03	15.52	2.9	13	8648	1443	+39 24 51.92	- 332.57	-29.81	- 11.06	+0.03	252	-43 9 4.09	- 316.04	-13.14	- 0.52	+0.01	09.02	4.3	18	8675	1447	-43 10 23.92	- 322.61	-13.13	- 0.52	+0.01	248	+79 37 26.18	- 389.26	-73.34	- 60.71	+0.44	15.24	2.5	11	8711	1450	+79 35 44.29	- 425.78	-72.73	- 60.60	+0.47	254	+25 10 56.92	- 356.88	-26.40	- 1.47	0.00	10.94	2.0	8	8786	1460	+25 9 26.05	- 370.06	-26.35	- 1.47	0.00	256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11	257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48																																																																																																																																																																																																																										
1172	+41 59 21.65	- 199.81	-30.92	- 0.73	0.00	28.57	4.2	22	8300	1390																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	+41 58 29.77	- 215.26	-30.88	- 0.73	0.00						245	-52 40 3.45	- 197.20	- 9.64	+ 2.22	-0.04	01.26	4.2	15	8302	1391	-52 40 53.35	- 202.03	- 9.64	+ 2.21	-0.04	246	- 4 43 47.03	- 222.50	-21.41	- 0.05	+0.01	17.15	2.3	14	8378	1402	- 4 44 43.99	- 233.20	-21.39	- 0.05	+0.01	1173	+20 14 44.06	- 228.54	-25.74	- 1.71	+0.01	14.01	2.1	10	8394	1405	+20 13 45.32	- 241.41	-25.72	- 1.71	+0.01	1174	+ 7 22 16.36	- 264.11	-23.38	- 0.77	0.00	19.69	3.3	14	8506	1420	+ 7 21 8.87	- 275.79	-23.36	- 0.77	0.00	1175	- 1 10 50.67	- 273.33	-21.93	- 2.25	+0.01	27.41	4.7	24	8527	1421	- 1 12 0.37	- 284.29	-21.91	- 2.25	+0.01	249	-22 55 26.07	- 285.91	-18.07	+ 1.33	0.00	15.75	3.3	17	8577	1429	-22 56 38.68	- 294.95	-18.06	+ 1.33	0.00	247	+61 31 40.36	- 316.45	-39.28	- 27.77	+0.41	17.49	2.7	12	8582	1430	+61 30 18.80	- 336.06	-39.17	- 27.67	+0.41	251	+16 26 37.40	- 307.74	-24.93	- 4.37	-0.04	07.33	1.9	7	8633	1440	+16 25 18.91	- 320.19	-24.89	- 4.38	-0.04	250	+39 26 13.20	- 317.65	-29.86	- 11.07	+0.03	15.52	2.9	13	8648	1443	+39 24 51.92	- 332.57	-29.81	- 11.06	+0.03	252	-43 9 4.09	- 316.04	-13.14	- 0.52	+0.01	09.02	4.3	18	8675	1447	-43 10 23.92	- 322.61	-13.13	- 0.52	+0.01	248	+79 37 26.18	- 389.26	-73.34	- 60.71	+0.44	15.24	2.5	11	8711	1450	+79 35 44.29	- 425.78	-72.73	- 60.60	+0.47	254	+25 10 56.92	- 356.88	-26.40	- 1.47	0.00	10.94	2.0	8	8786	1460	+25 9 26.05	- 370.06	-26.35	- 1.47	0.00	256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11	257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48																																																																																																																																																																																																																																										
245	-52 40 3.45	- 197.20	- 9.64	+ 2.22	-0.04	01.26	4.2	15	8302	1391																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	-52 40 53.35	- 202.03	- 9.64	+ 2.21	-0.04						246	- 4 43 47.03	- 222.50	-21.41	- 0.05	+0.01	17.15	2.3	14	8378	1402	- 4 44 43.99	- 233.20	-21.39	- 0.05	+0.01	1173	+20 14 44.06	- 228.54	-25.74	- 1.71	+0.01	14.01	2.1	10	8394	1405	+20 13 45.32	- 241.41	-25.72	- 1.71	+0.01	1174	+ 7 22 16.36	- 264.11	-23.38	- 0.77	0.00	19.69	3.3	14	8506	1420	+ 7 21 8.87	- 275.79	-23.36	- 0.77	0.00	1175	- 1 10 50.67	- 273.33	-21.93	- 2.25	+0.01	27.41	4.7	24	8527	1421	- 1 12 0.37	- 284.29	-21.91	- 2.25	+0.01	249	-22 55 26.07	- 285.91	-18.07	+ 1.33	0.00	15.75	3.3	17	8577	1429	-22 56 38.68	- 294.95	-18.06	+ 1.33	0.00	247	+61 31 40.36	- 316.45	-39.28	- 27.77	+0.41	17.49	2.7	12	8582	1430	+61 30 18.80	- 336.06	-39.17	- 27.67	+0.41	251	+16 26 37.40	- 307.74	-24.93	- 4.37	-0.04	07.33	1.9	7	8633	1440	+16 25 18.91	- 320.19	-24.89	- 4.38	-0.04	250	+39 26 13.20	- 317.65	-29.86	- 11.07	+0.03	15.52	2.9	13	8648	1443	+39 24 51.92	- 332.57	-29.81	- 11.06	+0.03	252	-43 9 4.09	- 316.04	-13.14	- 0.52	+0.01	09.02	4.3	18	8675	1447	-43 10 23.92	- 322.61	-13.13	- 0.52	+0.01	248	+79 37 26.18	- 389.26	-73.34	- 60.71	+0.44	15.24	2.5	11	8711	1450	+79 35 44.29	- 425.78	-72.73	- 60.60	+0.47	254	+25 10 56.92	- 356.88	-26.40	- 1.47	0.00	10.94	2.0	8	8786	1460	+25 9 26.05	- 370.06	-26.35	- 1.47	0.00	256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11	257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48																																																																																																																																																																																																																																																										
246	- 4 43 47.03	- 222.50	-21.41	- 0.05	+0.01	17.15	2.3	14	8378	1402																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	- 4 44 43.99	- 233.20	-21.39	- 0.05	+0.01						1173	+20 14 44.06	- 228.54	-25.74	- 1.71	+0.01	14.01	2.1	10	8394	1405	+20 13 45.32	- 241.41	-25.72	- 1.71	+0.01	1174	+ 7 22 16.36	- 264.11	-23.38	- 0.77	0.00	19.69	3.3	14	8506	1420	+ 7 21 8.87	- 275.79	-23.36	- 0.77	0.00	1175	- 1 10 50.67	- 273.33	-21.93	- 2.25	+0.01	27.41	4.7	24	8527	1421	- 1 12 0.37	- 284.29	-21.91	- 2.25	+0.01	249	-22 55 26.07	- 285.91	-18.07	+ 1.33	0.00	15.75	3.3	17	8577	1429	-22 56 38.68	- 294.95	-18.06	+ 1.33	0.00	247	+61 31 40.36	- 316.45	-39.28	- 27.77	+0.41	17.49	2.7	12	8582	1430	+61 30 18.80	- 336.06	-39.17	- 27.67	+0.41	251	+16 26 37.40	- 307.74	-24.93	- 4.37	-0.04	07.33	1.9	7	8633	1440	+16 25 18.91	- 320.19	-24.89	- 4.38	-0.04	250	+39 26 13.20	- 317.65	-29.86	- 11.07	+0.03	15.52	2.9	13	8648	1443	+39 24 51.92	- 332.57	-29.81	- 11.06	+0.03	252	-43 9 4.09	- 316.04	-13.14	- 0.52	+0.01	09.02	4.3	18	8675	1447	-43 10 23.92	- 322.61	-13.13	- 0.52	+0.01	248	+79 37 26.18	- 389.26	-73.34	- 60.71	+0.44	15.24	2.5	11	8711	1450	+79 35 44.29	- 425.78	-72.73	- 60.60	+0.47	254	+25 10 56.92	- 356.88	-26.40	- 1.47	0.00	10.94	2.0	8	8786	1460	+25 9 26.05	- 370.06	-26.35	- 1.47	0.00	256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11	257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48																																																																																																																																																																																																																																																																										
1173	+20 14 44.06	- 228.54	-25.74	- 1.71	+0.01	14.01	2.1	10	8394	1405																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	+20 13 45.32	- 241.41	-25.72	- 1.71	+0.01						1174	+ 7 22 16.36	- 264.11	-23.38	- 0.77	0.00	19.69	3.3	14	8506	1420	+ 7 21 8.87	- 275.79	-23.36	- 0.77	0.00	1175	- 1 10 50.67	- 273.33	-21.93	- 2.25	+0.01	27.41	4.7	24	8527	1421	- 1 12 0.37	- 284.29	-21.91	- 2.25	+0.01	249	-22 55 26.07	- 285.91	-18.07	+ 1.33	0.00	15.75	3.3	17	8577	1429	-22 56 38.68	- 294.95	-18.06	+ 1.33	0.00	247	+61 31 40.36	- 316.45	-39.28	- 27.77	+0.41	17.49	2.7	12	8582	1430	+61 30 18.80	- 336.06	-39.17	- 27.67	+0.41	251	+16 26 37.40	- 307.74	-24.93	- 4.37	-0.04	07.33	1.9	7	8633	1440	+16 25 18.91	- 320.19	-24.89	- 4.38	-0.04	250	+39 26 13.20	- 317.65	-29.86	- 11.07	+0.03	15.52	2.9	13	8648	1443	+39 24 51.92	- 332.57	-29.81	- 11.06	+0.03	252	-43 9 4.09	- 316.04	-13.14	- 0.52	+0.01	09.02	4.3	18	8675	1447	-43 10 23.92	- 322.61	-13.13	- 0.52	+0.01	248	+79 37 26.18	- 389.26	-73.34	- 60.71	+0.44	15.24	2.5	11	8711	1450	+79 35 44.29	- 425.78	-72.73	- 60.60	+0.47	254	+25 10 56.92	- 356.88	-26.40	- 1.47	0.00	10.94	2.0	8	8786	1460	+25 9 26.05	- 370.06	-26.35	- 1.47	0.00	256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11	257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48																																																																																																																																																																																																																																																																																										
1174	+ 7 22 16.36	- 264.11	-23.38	- 0.77	0.00	19.69	3.3	14	8506	1420																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	+ 7 21 8.87	- 275.79	-23.36	- 0.77	0.00						1175	- 1 10 50.67	- 273.33	-21.93	- 2.25	+0.01	27.41	4.7	24	8527	1421	- 1 12 0.37	- 284.29	-21.91	- 2.25	+0.01	249	-22 55 26.07	- 285.91	-18.07	+ 1.33	0.00	15.75	3.3	17	8577	1429	-22 56 38.68	- 294.95	-18.06	+ 1.33	0.00	247	+61 31 40.36	- 316.45	-39.28	- 27.77	+0.41	17.49	2.7	12	8582	1430	+61 30 18.80	- 336.06	-39.17	- 27.67	+0.41	251	+16 26 37.40	- 307.74	-24.93	- 4.37	-0.04	07.33	1.9	7	8633	1440	+16 25 18.91	- 320.19	-24.89	- 4.38	-0.04	250	+39 26 13.20	- 317.65	-29.86	- 11.07	+0.03	15.52	2.9	13	8648	1443	+39 24 51.92	- 332.57	-29.81	- 11.06	+0.03	252	-43 9 4.09	- 316.04	-13.14	- 0.52	+0.01	09.02	4.3	18	8675	1447	-43 10 23.92	- 322.61	-13.13	- 0.52	+0.01	248	+79 37 26.18	- 389.26	-73.34	- 60.71	+0.44	15.24	2.5	11	8711	1450	+79 35 44.29	- 425.78	-72.73	- 60.60	+0.47	254	+25 10 56.92	- 356.88	-26.40	- 1.47	0.00	10.94	2.0	8	8786	1460	+25 9 26.05	- 370.06	-26.35	- 1.47	0.00	256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11	257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
1175	- 1 10 50.67	- 273.33	-21.93	- 2.25	+0.01	27.41	4.7	24	8527	1421																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	- 1 12 0.37	- 284.29	-21.91	- 2.25	+0.01						249	-22 55 26.07	- 285.91	-18.07	+ 1.33	0.00	15.75	3.3	17	8577	1429	-22 56 38.68	- 294.95	-18.06	+ 1.33	0.00	247	+61 31 40.36	- 316.45	-39.28	- 27.77	+0.41	17.49	2.7	12	8582	1430	+61 30 18.80	- 336.06	-39.17	- 27.67	+0.41	251	+16 26 37.40	- 307.74	-24.93	- 4.37	-0.04	07.33	1.9	7	8633	1440	+16 25 18.91	- 320.19	-24.89	- 4.38	-0.04	250	+39 26 13.20	- 317.65	-29.86	- 11.07	+0.03	15.52	2.9	13	8648	1443	+39 24 51.92	- 332.57	-29.81	- 11.06	+0.03	252	-43 9 4.09	- 316.04	-13.14	- 0.52	+0.01	09.02	4.3	18	8675	1447	-43 10 23.92	- 322.61	-13.13	- 0.52	+0.01	248	+79 37 26.18	- 389.26	-73.34	- 60.71	+0.44	15.24	2.5	11	8711	1450	+79 35 44.29	- 425.78	-72.73	- 60.60	+0.47	254	+25 10 56.92	- 356.88	-26.40	- 1.47	0.00	10.94	2.0	8	8786	1460	+25 9 26.05	- 370.06	-26.35	- 1.47	0.00	256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11	257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
249	-22 55 26.07	- 285.91	-18.07	+ 1.33	0.00	15.75	3.3	17	8577	1429																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	-22 56 38.68	- 294.95	-18.06	+ 1.33	0.00						247	+61 31 40.36	- 316.45	-39.28	- 27.77	+0.41	17.49	2.7	12	8582	1430	+61 30 18.80	- 336.06	-39.17	- 27.67	+0.41	251	+16 26 37.40	- 307.74	-24.93	- 4.37	-0.04	07.33	1.9	7	8633	1440	+16 25 18.91	- 320.19	-24.89	- 4.38	-0.04	250	+39 26 13.20	- 317.65	-29.86	- 11.07	+0.03	15.52	2.9	13	8648	1443	+39 24 51.92	- 332.57	-29.81	- 11.06	+0.03	252	-43 9 4.09	- 316.04	-13.14	- 0.52	+0.01	09.02	4.3	18	8675	1447	-43 10 23.92	- 322.61	-13.13	- 0.52	+0.01	248	+79 37 26.18	- 389.26	-73.34	- 60.71	+0.44	15.24	2.5	11	8711	1450	+79 35 44.29	- 425.78	-72.73	- 60.60	+0.47	254	+25 10 56.92	- 356.88	-26.40	- 1.47	0.00	10.94	2.0	8	8786	1460	+25 9 26.05	- 370.06	-26.35	- 1.47	0.00	256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11	257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
247	+61 31 40.36	- 316.45	-39.28	- 27.77	+0.41	17.49	2.7	12	8582	1430																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	+61 30 18.80	- 336.06	-39.17	- 27.67	+0.41						251	+16 26 37.40	- 307.74	-24.93	- 4.37	-0.04	07.33	1.9	7	8633	1440	+16 25 18.91	- 320.19	-24.89	- 4.38	-0.04	250	+39 26 13.20	- 317.65	-29.86	- 11.07	+0.03	15.52	2.9	13	8648	1443	+39 24 51.92	- 332.57	-29.81	- 11.06	+0.03	252	-43 9 4.09	- 316.04	-13.14	- 0.52	+0.01	09.02	4.3	18	8675	1447	-43 10 23.92	- 322.61	-13.13	- 0.52	+0.01	248	+79 37 26.18	- 389.26	-73.34	- 60.71	+0.44	15.24	2.5	11	8711	1450	+79 35 44.29	- 425.78	-72.73	- 60.60	+0.47	254	+25 10 56.92	- 356.88	-26.40	- 1.47	0.00	10.94	2.0	8	8786	1460	+25 9 26.05	- 370.06	-26.35	- 1.47	0.00	256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11	257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
251	+16 26 37.40	- 307.74	-24.93	- 4.37	-0.04	07.33	1.9	7	8633	1440																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	+16 25 18.91	- 320.19	-24.89	- 4.38	-0.04						250	+39 26 13.20	- 317.65	-29.86	- 11.07	+0.03	15.52	2.9	13	8648	1443	+39 24 51.92	- 332.57	-29.81	- 11.06	+0.03	252	-43 9 4.09	- 316.04	-13.14	- 0.52	+0.01	09.02	4.3	18	8675	1447	-43 10 23.92	- 322.61	-13.13	- 0.52	+0.01	248	+79 37 26.18	- 389.26	-73.34	- 60.71	+0.44	15.24	2.5	11	8711	1450	+79 35 44.29	- 425.78	-72.73	- 60.60	+0.47	254	+25 10 56.92	- 356.88	-26.40	- 1.47	0.00	10.94	2.0	8	8786	1460	+25 9 26.05	- 370.06	-26.35	- 1.47	0.00	256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11	257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
250	+39 26 13.20	- 317.65	-29.86	- 11.07	+0.03	15.52	2.9	13	8648	1443																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	+39 24 51.92	- 332.57	-29.81	- 11.06	+0.03						252	-43 9 4.09	- 316.04	-13.14	- 0.52	+0.01	09.02	4.3	18	8675	1447	-43 10 23.92	- 322.61	-13.13	- 0.52	+0.01	248	+79 37 26.18	- 389.26	-73.34	- 60.71	+0.44	15.24	2.5	11	8711	1450	+79 35 44.29	- 425.78	-72.73	- 60.60	+0.47	254	+25 10 56.92	- 356.88	-26.40	- 1.47	0.00	10.94	2.0	8	8786	1460	+25 9 26.05	- 370.06	-26.35	- 1.47	0.00	256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11	257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
252	-43 9 4.09	- 316.04	-13.14	- 0.52	+0.01	09.02	4.3	18	8675	1447																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	-43 10 23.92	- 322.61	-13.13	- 0.52	+0.01						248	+79 37 26.18	- 389.26	-73.34	- 60.71	+0.44	15.24	2.5	11	8711	1450	+79 35 44.29	- 425.78	-72.73	- 60.60	+0.47	254	+25 10 56.92	- 356.88	-26.40	- 1.47	0.00	10.94	2.0	8	8786	1460	+25 9 26.05	- 370.06	-26.35	- 1.47	0.00	256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11	257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
248	+79 37 26.18	- 389.26	-73.34	- 60.71	+0.44	15.24	2.5	11	8711	1450																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	+79 35 44.29	- 425.78	-72.73	- 60.60	+0.47						254	+25 10 56.92	- 356.88	-26.40	- 1.47	0.00	10.94	2.0	8	8786	1460	+25 9 26.05	- 370.06	-26.35	- 1.47	0.00	256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11	257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
254	+25 10 56.92	- 356.88	-26.40	- 1.47	0.00	10.94	2.0	8	8786	1460																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	+25 9 26.05	- 370.06	-26.35	- 1.47	0.00						256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11	257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
256	+12 57 4.31	- 388.80	-23.98	- 19.40	+0.11	13.60	2.1	10	8823	1467																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	+12 55 25.61	- 400.78	-23.95	- 19.37	+0.11						257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
257	-16 38 46.36	- 494.51	-18.61	-121.14	+0.48	98.70	2.1	6	8833	1470																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	-16 40 51.15	- 503.81	-18.58	-121.02	+0.48																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															

APÊNDICE V (continuação) - Exemplo de uma página do FK4 Sup.

23

No.	Mag.	Sp.	$\alpha_{1950.0}$	$\mu$	$\delta_{1950.0}$	$\mu'$	GC	N30	Remarks
2851	6.6	F 2	10 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 13.721	+ 0.350	+16° 23' 17.72	- 2.72	14633	--	
2852	5.8	G 5 p	10 36 16.459	- 1.862	+38 10 16.49	- 4.90	14634	--	
2853	6.2	F 5	10 30 38.319	- 0.065	-42 29 33.57	- 1.97	14640	--	
2854	6.0	K 5	10 37 51.373	- 0.185	-49 1 7.79	+ 2.68	14674	--	
2855	5.1	K 0	10 38 33.329	- 2.778	+65 58 44.29	- 7.39	14688	--	
2856	6.5	G 5	10 38 34.307	- 0.255	-35 28 48.87	+ 0.57	14689	2526	
2857	7.1	K 0	10 40 12.433	- 0.038	-46 57 29.03	- 3.83	14726	--	
2858	7.1	G 0	10 41 20.354	+ 0.168	-38 47 45.49	+ 0.59	14757	2543	
2859	6.8	K 0	10 42 4.163	- 0.221	-23 43 21.65	+ 0.71	14771	2545	
2860	5.6	K 0	10 43 46.486	- 0.851	+14 27 33.08	- 6.83	14814	--	
2861	6.6	A 2	10 45 9.824	- 0.322	-68 56 44.63	+ 0.40	14854	--	
2862	6.1	A 2 p	10 46 7.479	- 0.339	-59 39 16.93	- 0.09	14878	--	
2863	6.1	F 5	10 47 9.057	- 0.102	+28 14 18.78	+ 3.34	14897	2559	
2864	7.1	A 3	10 47 28.132	- 2.056	+76 15 37.65	- 4.15	14903	--	
2865	5.7	K 0	10 48 15.994	- 0.576	+59 35 10.21	- 5.06	14912	--	
2866	5.1	G 5	10 50 7.024	- 7.853	+70 7 14.96	- 7.81	14954	--	
2867	7.2	F 8	10 50 18.195	- 1.451	- 6 33 11.96	-19.39	14957	--	
2868	5.6	B 8 p	10 50 27.558	- 0.105	-56 58 27.58	+ 0.31	14960	2563	
2869	5.4	K 0	10 50 33.494	- 0.800	+54 51 5.23	- 1.05	14962	--	
2870	4.8	A 0	10 51 6.527	+ 0.445	+43 27 23.92	- 2.75	14974	2565	
2871	5.8	G 0	10 51 48.717	- 0.028	-13 29 29.95	- 0.66	14994	2568	
2872	6.6	K 0	10 52 44.972	- 0.111	-20 23 53.30	- 0.65	15015	--	
2873	6.2	K 2	10 53 35.519	- 0.201	+22 37 7.53	+ 0.04	15035	--	
2874	6.2	A 3	10 54 56.744	- 0.392	-50 29 51.16	+ 0.60	15057	--	
2875	6.1	K 2	10 55 50.241	- 0.257	-74 49 54.54	+ 1.10	15072	2577	
2876	6.3	K 0	10 56 21.275	- 0.248	+52 9 1.99	- 0.66	15082	2580	
2877	6.4	F 5	10 57 4.388	- 1.572	+11 58 25.12	+ 4.14	15102	2585	
2878	5.7	K 2	10 57 22.859	+ 0.045	+45 47 40.82	- 0.08	15109	--	
2879	5.0	M 0	10 59 16.602	+ 0.092	- 2 12 53.98	- 3.72	15151	--	
2880	4.4	A 0	10 59 39.775	- 0.032	+20 26 54.44	+ 3.71	15162	--	
2881	6.5	M 0	11 0 52.874	- 0.231	-31 41 27.28	- 3.22	15192	2599	
2882	6.1	A 2	11 1 44.768	- 0.614	+38 30 40.52	+ 0.29	15215	--	ADS 8046: 12 <sup>h</sup> 5. 8', 251 <sup>o</sup>
2883	6.6	K 0	11 1 51.946	- 0.135	-53 55 40.52	- 0.64	15220	2602	
2884	5.9	A 5	11 2 15.864	- 1.188	-47 24 34.01	+ 3.58	15230	2604	
2885	5.5	A 0	11 2 32.182	- 0.173	-35 32 5.01	- 0.05	15238	2606	
2886	7.1	F 5	11 2 53.483	- 0.933	+50 26 34.43	- 1.08	15246	--	
2887	6.6	K 5	11 4 5.098	+ 0.157	+18 0 20.47	- 3.60	15273	2614	
2888	6.9	F 0	11 5 0.662	- 0.636	+72 13 48.11	- 2.40	15304	2619	
2889	5.6	A 2	11 6 8.325	+ 0.087	+74 55 46.43	+ 0.58	15319	2621	ADS 8071
2890	7.2	G 5	11 6 20.036	- 0.273	+30 18 42.06	- 2.04	15326	--	
2891	5.4	A 0 p	11 6 28.595	- 0.181	-61 40 33.43	+ 0.41	15331	2624	
2892	6.0	M 3	11 6 34.382	- 0.412	+36 34 51.43	- 2.32	15334	--	
2893	5.3	B 8	11 10 <sup>m</sup> 40.554	- 0.721	-63 53 51.02	+ 1.01	15421	2635	SDS
2894	5.8	K 5	11 10 54.463	- 0.014	-44 5 59.72	- 0.96	15426	--	
2895	5.9	K 0	11 11 25.940	+ 0.274	+ 8 20 4.92	-10.86	15437	--	
2896	7.1	K 0	11 12 31.540	- 2.567	+78 34 54.73	- 2.04	15459	--	
2897	4.9	M 0	11 12 32.849	- 0.143	+23 22 6.23	- 0.56	15460	2642	
2898	6.8	A 0	11 12 48.761	- 0.328	-19 21 33.43	+ 0.65	15469	2643	
2899	6.7	A 3	11 13 22.670	- 0.341	+60 12 57.94	+ 1.02	15492	--	
2900	6.0	F 0	11 14 26.026	- 0.061	- 6 51 41.86	+ 0.30	15514	2650	ADS 8115

APENDICE VI - Exemplo de uma página do

A.P.F.S.

APPARENT PLACES OF STARS, 1974  
AT UPPER TRANSIT AT GREENWICH

163

No.	397		396		1273		399	
	203 G. Carinae		α Leonis		219 G. Velorum		44 Hydrae	
Mag. Spect.	3.56	B5p	3.85	B0p	5.14	K0	5.32	K2
U. T.	R. A.		R. A.		R. A.		R. A.	
	Dec.		Dec.		Dec.		Dec.	
	10 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup>	-61° 32'	10 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup>	+ 9° 25'	10 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup>	-46° 52'	10 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup>	-23° 36'
	<sup>s</sup> 521	<sup>s</sup> -252	<sup>s</sup> +325	<sup>s</sup> -193	<sup>s</sup> +401	<sup>s</sup> -262	<sup>s</sup> +333	<sup>s</sup> -254
I -3.8	07.862 + 469	55.26 - 299	28.227 + 302	76.82 - 178	52.680 + 265	02.29 - 300	48.184 + 308	38.54 - 272
I 6.1	08.331 + 405	58.25 - 333	28.529 + 272	75.04 - 157	53.045 + 320	05.29 - 325	48.492 + 274	41.26 - 279
I 15.1	08.736 + 333	61.58 - 362	28.801 + 235	73.47 - 134	53.365 + 268	08.54 - 346	48.766 + 233	44.05 - 282
I 25.1	09.069 + 246	65.20 - 378	29.036 + 189	72.13 - 135	53.633 + 206	12.00 - 353	48.999 + 185	46.87 - 275
I 5.1	09.317 + 166	68.98 - 382	29.225 + 142	71.08 - 78	53.839 + 144	15.53 - 351	49.184 + 136	49.62 - 261
I 15.0	09.483 + 81	72.80 - 382	29.367 + 93	70.30 - 50	53.983 + 80	19.04 - 344	49.320 + 86	52.23 - 245
I 25.0	09.564 - 3	76.62 - 369	29.460 + 45	69.80 - 24	54.066 + 21	22.48 - 325	49.406 + 37	54.68 - 220
I 6.9	09.561 - 75	80.31 - 349	29.505 + 2	69.56 - 1	54.087 - 32	25.73 - 302	49.443 - 5	56.88 - 194
I 16.9	09.866 - 145	83.80 - 324	29.507 - 56	69.55 + 18	54.055 - 82	28.75 - 275	49.438 - 44	58.82 - 167
I 26.9	09.341 - 256	87.04 - 288	29.471 - 68	69.73 + 34	53.973 - 124	31.50 - 239	49.394 - 77	60.49 - 135
II 5.9	09.136 - 251	89.92 - 251	29.403 - 91	70.07 + 45	53.849 - 155	33.89 - 203	49.317 - 100	61.84 - 106
II 15.9	08.895 - 292	92.43 - 210	29.312 - 110	70.52 + 54	53.694 - 183	35.92 - 163	49.217 - 120	62.90 - 75
II 25.8	08.593 - 322	94.53 - 160	29.202 - 118	71.06 + 58	53.511 - 201	37.55 - 118	49.097 - 131	63.65 - 43
II 5.8	08.271 - 338	96.13 - 114	29.084 - 122	71.64 + 60	53.310 - 210	38.73 - 76	48.966 - 135	64.08 - 17
II 15.8	07.933 - 352	97.27 - 67	28.962 - 121	72.24 + 60	53.100 - 216	39.49 - 36	48.831 - 137	64.21 + 13
II 25.8	07.581 - 350	97.89 - 10	28.841 - 113	72.84 + 57	52.884 - 213	39.79 + 17	48.694 - 132	64.04 + 46
II 4.7	07.231 - 342	97.99 + 40	28.728 - 109	73.41 + 54	52.671 - 204	39.62 + 58	48.562 - 124	63.58 + 72
II 14.7	06.839 - 327	97.59 + 91	28.625 - 91	73.95 + 48	52.467 - 193	39.04 + 103	48.438 - 113	62.86 + 99
II 24.7	06.562 - 297	96.68 + 136	28.534 - 74	74.43 + 41	52.274 - 173	38.01 + 141	48.325 - 97	61.87 + 120
II 4.7	06.265 - 261	95.30 + 180	28.460 - 56	74.84 + 33	52.101 - 150	36.60 + 175	48.228 - 80	60.67 + 138
III 14.6	06.001 - 223	93.50 + 219	28.404 - 37	75.17 + 23	51.951 - 122	34.85 + 208	48.148 - 60	59.29 + 154
III 24.6	05.778 - 167	91.31 + 249	28.367 - 18	75.40 + 11	51.829 - 86	32.77 + 228	48.088 - 35	57.75 + 161
III 5.6	05.611 - 111	88.82 + 271	28.353 + 8	75.51 - 1	51.743 - 49	30.49 + 245	48.053 - 11	56.14 + 165
III 13.5	05.500 - 44	86.11 + 287	28.361 + 31	75.50 - 18	51.694 - 6	28.04 + 254	48.042 + 19	54.49 + 164
III 23.5	05.456 + 31	83.24 + 288	28.395 + 64	75.32 - 35	51.688 + 43	25.50 + 249	48.061 + 53	52.85 + 151
III 2.5	05.487 + 133	80.36 + 282	28.458 + 92	74.97 - 54	51.731 + 91	23.01 + 239	48.114 + 86	51.34 + 136
III 12.5	05.590 + 186	77.54 + 265	28.550 + 124	74.43 - 76	51.822 + 147	20.62 + 218	48.200 + 125	49.98 + 111
III 22.4	05.776 + 264	74.89 + 234	28.674 + 159	73.67 - 99	51.969 + 200	18.44 + 185	48.325 + 163	48.87 + 80
III 2.4	06.040 + 337	72.55 + 196	28.853 + 191	72.68 - 120	52.169 + 252	16.59 + 147	48.488 + 201	48.07 + 45
III 12.4	06.377 + 411	70.59 + 148	29.024 + 227	71.48 - 144	52.421 + 303	15.12 + 97	48.689 + 241	47.62 + 3
III 22.4	06.788 + 468	69.11 + 90	29.251 + 258	70.04 - 143	52.724 + 347	14.13 + 44	48.930 + 274	47.59 - 42
III 13	07.256 + 516	68.21 + 32	29.509 + 286	68.41 - 180	53.071 + 382	13.69 - 11	49.204 + 304	48.01 - 84
III 11.3	07.772 + 551	67.89 - 34	29.795 + 310	66.61 - 195	53.453 + 411	13.80 - 71	49.508 + 328	48.85 - 130
III 21.3	08.323 + 543	68.23 - 99	30.105 + 325	64.66 - 200	53.864 + 422	14.51 - 130	49.836 + 341	50.15 - 171
III 1.2	08.886 + 561	69.22 - 158	30.430 + 331	62.66 - 203	54.286 + 424	15.81 - 162	50.177 + 345	51.86 - 206
III 11.2	09.447 + 541	70.80 - 216	30.761 + 326	60.63 - 198	54.710 + 413	17.63 - 234	50.522 + 340	53.92 - 238
III 21.2	09.986 + 497	72.98 - 268	31.089 + 313	58.65 - 185	55.123 + 384	19.97 - 275	50.862 + 320	56.30 - 258
III 31.2	10.485 + 446	75.66 - 309	31.402 + 290	56.80 - 169	55.507 + 348	22.72 - 307	51.182 + 293	58.88 - 274
III 41.1	10.931 + 376	78.75 - 345	31.692 + 256	55.11 - 147	55.855 + 298	25.79 - 334	51.475 + 257	61.62 - 280
Mean Place	05.752	64.46	26.548	87.04	50.875	08.62	46.538	38.69
sec δ, tan δ	+2.099	-1.846	+1.014	+0.166	+1.463	-1.067	+1.091	-0.437
date (dM/y)	+0.043	-0.37	+0.063	-0.37	+0.051	-0.37	+0.057	-0.37
date (dM/y)	-0.114	+0.38	+0.010	+0.38	-0.066	+0.38	-0.027	+0.37
Obse. Trans.	February 28		February 28		February 28		February 28	

APÊNDICE VII - Exemplo de uma página da esquerda do

G.C. (BOSS).

190

A GENERAL CATALOGUE OF STARS FOR 1950

No.	Draper No.	Mag.	Type	R. A. 1950			Epoch	An. Var.	Sec. Var.	3 <sup>rd</sup>	$\mu$ and $100\Delta p$	Prob. Errors			
				h	m	s						e. Ep	100 $\mu$	$\alpha$ . 50	
4701	24626	5.12	B5	3	51	44.561	08.5	+2.2865	+0.0026	+0.002	+0.0026	0	.016	.29	.13
4702	24519	8.3	B9			45.167	03.8	+3.4234	+0.0136	-0.004	-0.0004	0	.09	.49	.25
4703	24395	6.84	A5			45.301	04.6	+4.8042	+0.0503	-0.027	+0.0002	0	.08	.87	.47
4704	24432	7.02	B3			45.803	13.0	+4.3736	+0.0407	-0.018	+0.0025	0	.14	1.5:	.57
4705	24554	6.35	A2			46.564	96.9	+3.0139	+0.0069	.000	+0.0019	0	.11	.57	.32
4706	24555	4.95	G5			46.698	89.9	+3.0138	+0.0069	.000	+0.0019	0	.06	.20	.14
4707	24616	6.80	Go			48.833	97.4	+2.6103	+0.0028	+0.001	+0.0243	-2	.09	.71	.38
4708	24431	6.70	Oe5			50.399	00.0	+4.5505	+0.0475	-0.022	+0.0014	0	.12	.49	.27
4709	24421	6.77	F5			50.800	97.2	+4.5157	+0.0468	-0.021	-0.0115	+1	.09	.38	.22
4710	232859	8.8	A0			58.804	08.0	+4.5374	+0.0469	-0.022	+0.0022	0	.14	.71	.31
4711	24706	5.77	K0	52	0	0.277	12.0	+1.8592	+0.0046	.000	+0.0028	-1	.07	.48	.20
4712	47 <sup>o</sup> 1189	9.01				0.642	00.1	+1.8600	+0.0046	.000	+0.0027	-1	.15	.90	.48
4713	24409	6.59	Go			2.507	03.5	+4.9612	+0.0675	-0.032	-0.0355	+1	.07	.60	.29
4714	47 <sup>o</sup> 1190	9.58				2.532	06.8	+1.8604	+0.0046	.000	+0.0013	0	.16	1.6:	.73
4715	24573	7.32	A0			2.571	01.6	+3.2543	+0.0104	-0.002	+0.0009	0	.11	1.22	.60
4716	24585	6.95	G5			6.767	03.9	+3.1132	+0.0083	-0.001	+0.0015	0	.11	.78	.38
4717	24757	8.00	B5			9.876	05.3	+1.4548	+0.0096	-0.004	+0.0004	0	.12	.73	.34
4718	24623	7.06	F2			10.817	02.2	+2.8786	+0.0054	.000	-0.0016	0	.11	.65	.33
4719	24661	6.88	A2			13.346	08.5	+2.4778	+0.0029	+0.002	+0.0027	0	.07	.41	.18
4720	24534	Var.	Bop			15.159	13.5	+3.7512	+0.0210	-0.008	-0.0007	0	.046	.46	.17
4721	24504	5.34	B5			21.486	94.1	+4.3228	+0.0386	-0.018	+0.0019	0	.07	.28	.17
4722	24296	6.75	K0			26.305	04.6	+6.6943	+0.1750	-0.082	+0.0052	+1	.10	.73	.34
4723	24799	7.93	K0			26.877	04.8	+1.3574	+0.0114	-0.005	+0.0020	+1	.15	1.13	.53
4724	24744	5.61	*			37.957	06.5	+2.1014	+0.0032	+0.001	-0.0023	0	.08	.44	.21
4725	24693	7.40	Ma			40.182	06.7	+2.7702	+0.0044	+0.001	+0.0022	0	.12	1.06	.48
4726	24666	8.4	F0			40.646	05.1	+2.9716	+0.0065	.000	+0.0001	0	.12	.73	.36
4727	24480	5.22	*			51.403	02.8	+5.1196	+0.0728	-0.035	+0.0003	0	.029	.16	.08
4728	24546	5.47	F5p			52.749	88.6	+4.4637	+0.0431	-0.020	+0.0100	-1	.06	.21	.14
4729	24712	5.94	F0			55.015	98.8	+2.8230	+0.0049	+0.001	-0.0038	0	.12	.75	.40
4730	24479	4.87	B9			59.469	01.0	+5.2969	+0.0820	-0.040	+0.0007	0	.048	.21	.11
4731	24805	6.88	A0	53	3	8.810	97.4	+1.8714	+0.0046	.000	-0.0018	0	.12	.75	.41
4732	24582	8.2	F5			4.964	08.1	+4.3073	+0.0378	-0.017	+0.0008	0	.13	.83	.37
4733	24754	Var.	M0			5.602	05.2	+2.5664	+0.0032	+0.002	+0.0033	0	.15	1.7:	.79
4734	24640	5.48	B3			14.964	12.9	+3.8683	+0.0240	-0.010	+0.0008	0	.06	.33	.14
4735	24863	6.42	A2			15.002	05.0	+1.5758	+0.0076	-0.002	+0.0024	-1	.06	.51	.24
4736	24825	6.80	B9			27.729	09.1	+2.1542	+0.0030	+0.001	-0.0010	0	.08	.45	.20
4737	24797	7.48	K2			29.754	99.8	+2.5190	+0.0030	+0.002	+0.0024	0	.11	.90	.47
4738	24702	8.0	Go			30.549	06.6	+3.5574	+0.0157	-0.006	+0.0121	-1	.09	.80	.36
4739	24784	7.54	K0			32.862	09.0	+2.6695	+0.0038	+0.001	+0.0010	0	.15	1.5:	.63
4740	24493	8.5	F0			36.504	01.8	+5.9156	+0.1180	-0.059	-0.0050	0	.13	.52	.28
4741	24835	7.79	G5			37.879	02.4	+2.1788	+0.0029	+0.001	-0.0014	0	.13	1.22	.60
4742	24824	7.47	A3			37.916	00.7	+2.2367	+0.0028	+0.001	+0.0042	0	.13	.95	.49
4743	24689	6.79	A2			51.533	03.2	+4.0892	+0.0303	-0.014	-0.0001	0	.08	.40	.21
4744	24740	5.76	F0			54.517	01.1	+3.5463	+0.0157	-0.006	+0.0051	-1	.043	.25	.13
4745	24792	7.40	K0	54	0	8.826	09.1	+3.1334	+0.0084	-0.001	+0.0022	0	.05	.41	.18
4746	25018	8.34	K0			4.093	03.8	+0.9122	+0.0205	-0.012	+0.0036	-1	.14	.87	.42
4747	24769	5.98	B9			5.661	97.7	+3.5586	+0.0161	-0.006	+0.0009	0	.045	.22	.12
4748	24834	6.70	K5			7.783	97.6	+2.7951	+0.0047	+0.001	+0.0006	0	.07	.26	.15
4749	24833	6.60	F5			8.723	03.8	+2.8581	+0.0052	.000	+0.0033	0	.16	1.22	.59
4750	24875	7.50	K0			10.001	98.2	+2.4218	+0.0028	+0.002	+0.0014	0	.13	.80	.44

APENDICE VII (continuação) - Exemplo de uma página da direita do  
G.C. (BOSS).

POSITIONS AND PROPER MOTIONS OF STARS FOR 1950

191

No.	Decl. 1950	Epoch	An. Var.	Sec. Var.	3 <sup>rd</sup>	$\mu'$ and 100 $\Delta\mu'$	Prob. Errors			Remarks	
							$\delta E_p$	100 $\mu'$	$\delta s_0$		
4701	-34 52 45.13	05.1	+10.631	-.207	-.05	-.009	0	.048	.24	.12	B5 1Er1
4702	+17 11 51.12	01.9	+10.627	-.427	-.13	-.012	0	.09	.44	.23	
4703	+56 46 25.20	03.8	+10.605	-.593	-.33	-.034	0	.08	.80	.33	
4704	+40 53 42.29	11.1	+10.653	-.545	-.25	+.014	0	.14	1.13	.46	B5e
4705	- 3 5 57.18	91.3	+10.648	-.377	-.09	+.011	0	.11	.51	.52	Aln A 2850
4706	- 3 6 4.32	85.1	+10.643	-.377	-.09	+.006	0	.06	.17	.12	G4 32Er1 A 2850
4707	-23 16 44.18	95.9	+10.379	-.330	-.06	-.258	- 3	.09	.75	.43	6.93
4708	+52 29 43.76	96.6	+10.624	-.567	-.28	-.009	0	.12	.39	.24	O6
4709	+52 4 46.89	93.3	+10.744	-.561	-.28	+.112	+ 1	.09	.31	.19	
4710	+52 13 22.69	09.6	+10.592	-.566	-.28	-.030	0	.12	.52	.29	A 2855 10 7 <sup>h</sup> 6 32 <sup>m</sup> 0
4711	-47 2 23.75	08.2	+10.593	-.235	-.04	-.038	0	.07	.33	.16	
4712	-47 1 7.53	96.6	+10.580	-.235	-.04	-.040	0	.13	.80	.45	
4713	+59 29 39.54	01.2	+10.796	-.614	-.36	+.178	+ 4	.06	.48	.24	
4714	-46 58 32.98	05.1	+10.603	-.235	-.04	-.015	0	.16	1.3:	.62	
4715	+ 9 1 55.97	00.2	+10.594	-.407	-.12	-.024	0	.10	1.13	.57	
4716	+ 1 56 37.92	02.0	+10.638	-.390	-.11	+.026	0	.11	.67	.34	
4717	-54 59 50.41	99.0	+10.607	-.185	-.04	-.002	0	.11	.64	.35	
4718	- 9 39 59.83	99.9	+10.590	-.360	-.08	-.017	0	.10	.57	.30	
4719	-27 48 56.08	06.0	+10.643	-.311	-.06	+.039	0	.08	.39	.19	
4720	+30 54 0.68	13.1	+10.595	-.460	-.17	-.007	0	.044	.43	.17	Bone XPer 6.0-6.6
4721	+47 43 34.66	96.3	+10.557	-.540	-.25	-.028	0	.06	.21	.13	B4n
4722	+72 34 49.98	07.1	+10.595	-.834	-.76	+.007	- 1	.11	.95	.42	
4723	-56 33 33.97	00.4	+10.639	-.173	-.04	+.051	0	.13	.83	.43	
4724	-40 30 11.30	02.1	+10.580	-.264	-.04	+.006	0	.08	.37	.19	*F5+A3 I
4725	-15 3 4.62	02.8	+10.571	-.348	-.08	-.001	0	.11	.95	.46	
4726	- 5 7 16.01	01.0	+10.622	-.372	-.09	+.052	0	.11	.52	.28	
4727	+60 57 53.05	99.9	+10.549	-.639	-.38	-.009	0	.030	.16	.08	*Ko+Ao K4 A 2867*
4728	+50 33 8.90	85.8	+10.426	-.559	-.27	-.129	- 1	.048	.14	.10	F4 43Per
4729	-12 14 38.56	98.8	+10.516	-.354	-.08	-.037	0	.11	.69	.39	
4730	+62 55 40.79	96.3	+10.554	-.661	-.42	+.005	0	.047	.18	.10	B9ne
4731	-46 33 44.96	89.1	+10.533	-.236	-.04	-.009	0	.11	.49	.32	
4732	+47 20 21.31	98.4	+10.493	-.539	-.24	-.047	0	.11	.50	.28	A 2870 10.5 5 <sup>h</sup> 2 23 <sup>m</sup> 0
4733	-24 10 40.63	05.2	+10.534	-.323	-.06	-.006	0	.15	1.7:	.78	M7e TEr1 7.4-12.7 252.3
4734	+34 56 11.22	13.0	+10.527	-.484	-.18	-.001	0	.06	.26	.11	B2n
4735	-52 50 7.92	01.4	+10.484	-.200	-.04	-.044	0	.06	.38	.19	I
4736	-38 54 15.80	03.5	+10.504	-.272	-.05	-.008	0	.08	.34	.17	6.89
4737	-26 4 22.57	97.1	+10.539	-.317	-.06	+.029	0	.13	.83	.46	
4738	+22 31 59.48	06.4	+10.278	-.448	-.14	-.231	- 2	.09	.83	.37	
4739	-19 34 43.37	07.4	+10.531	-.336	-.07	+.025	0	.14	1.3:	.59	
4740	+68 12 49.87	07.4	+10.508	-.738	-.56	+.006	+ 1	.14	.65	.31	
4741	-39 7 23.05	99.1	+10.475	-.275	-.05	-.024	0	.14	.90	.48	
4742	-36 27 20.29	98.1	+10.544	-.263	-.05	+.044	- 1	.13	.87	.47	
4743	+41 44 12.74	97.0	+10.464	-.512	-.21	-.019	0	.08	.31	.18	A 2884
4744	+22 20 8.11	98.2	+10.371	-.446	-.14	-.108	- 1	.043	.20	.11	F3 32Tau
4745	+ 2 54 49.56	10.0	+10.471	-.394	-.10	.000	0	.048	.43	.18	
4746	-62 14 12.84	03.3	+10.443	-.118	-.05	-.024	0	.13	.73	.36	
4747	+23 1 54.71	95.9	+10.448	-.447	-.14	-.018	0	.045	.21	.12	33Tau
4748	-13 44 30.02	94.8	+10.472	-.352	-.08	+.010	0	.07	.24	.15	M3
4749	-10 59 49.37	01.7	+10.522	-.361	-.08	+.060	- 1	.15	1.13	.57	
4750	-29 48 14.75	96.8	+10.448	-.306	-.06	-.012	0	.13	.80	.45	

4727 8 1<sup>h</sup>9 46<sup>m</sup>0.

APENDICE VIII - Exemplo de uma página do Catálogo do

S.A.O.

151400		EPOCH 1950										ORIGINAL EPOCH					SOURCE		-100			
NUMBER	MAGNITUDES		$\alpha_{1950}$			$\mu$	$\sigma_{\mu}$	$\delta_{1950}$		$\mu'$	$\sigma_{\mu'}$	$\alpha_{1950}$		$\sigma$	ep.	$\delta_2$	$\sigma'$	ep.	SP.	CAT.	STAR NUMBER	DM NUMBER
	m <sub>pg</sub>	m <sub>v</sub>	h	m	s	s	''	''	''	''	''	s	''	''	''	''	''	''				
1	5.3T	6	19	4.806	-0.0011	07	-11	44	55.60	-0.007	07	0.32	4.652	12	08.2	55.30	12	05.3	B2P	GC	6186R	B-11 1460
2	7.0A	10	5.916	-0.0003	18	-16	46	45.29	-0.003	13	0.32	5.911	16	33.1	45.24	16	33.1	B9	J 12A	2035	A -16 1448	
3	8.7A	19	6.245	-0.0034	18	-16	10	40.24	0.004	13	0.32	6.302	16	33.1	40.31	16	33.1	A2	J 12A	2034	A -16 1447	
4	9.0A	19	7.577	-0.0019	16	-17	29	46.28	0.014	13	0.32	7.609	16	33.1	46.32	16	33.1	K5	J 12A	2036	A -17 1461	
5	8.4A	19	9.138	-0.0033	17	-12	7	24.62	-0.004	16	0.34	9.193	16	33.1	24.55	16	33.1	K0	J 11	1905	A -12 1452	
6	6.7A	19	16.564	-0.0030	18	-11	2	40.83	-0.001	20	0.36	16.635	16	33.1	40.81	16	33.1	A5	J 11	1906	A -11 1461	
7	0.2A	19	21.064	-0.0023	21	-15	2	46.09	0.039	13	0.35	21.126	16	33.1	46.76	16	33.1	A7	J 12A	2037	A -15 1358	
8	0.8A	19	23.491	-0.0010	17	-14	22	30.38	-0.011	12	0.30	23.508	16	33.1	30.19	16	33.1	K0	J 12A	2038K	A -14 1415	
9	0.3A	19	36.751	-0.0001	12	-10	6	10.34	-0.074	12	0.26	24.670	16	33.1	9.09	16	33.1	K0	J 12A	2038	A -10 1493	
10	8.0A	19	25.506	-0.0038	17	-18	8	25.15	-0.041	12	0.30	25.605	16	33.1	23.78	16	33.1	G0	J 12B	2207	A -18 1391	
11	9.0A	19	26.035	-0.0015	17	-18	15	39.32	-0.017	12	0.30	26.110	16	33.1	39.04	16	33.1	AD	J 12B	2208	A -18 1390	
12	7.5A	19	28.065	-0.0006	17	-19	48	56.25	-0.017	12	0.30	28.075	16	33.1	55.97	16	33.1	K0	J 12B	2210	A -19 1423	
13	9.0A	19	32.658	-0.0040	21	-12	5	1.41	-0.020	15	0.35	32.725	16	33.1	1.07	16	33.1	A5	J 12A	2040	A -15 1360	
14	9.0A	19	36.751	-0.0001	15	-13	32	42.74	-0.005	17	0.32	36.764	16	33.1	42.65	16	33.1	A5	J 11	1908	A -13 1462	
15	8.8A	19	39.004	-0.0001	16	-18	25	6.10	-0.013	15	0.35	39.005	16	33.1	5.98	16	33.1	G5	J 12B	2212	A -18 1392	
16	6.8A	19	40.601	-0.0008	18	-18	3	37.48	0.040	15	0.33	40.614	16	33.1	38.16	16	33.1	G5	J 12B	2213	A -18 1393	
17	9.1A	19	42.454	-0.0000	18	-19	0	9.51	-0.004	15	0.34	42.465	16	33.1	9.44	16	33.1	K0	J 12B	2214	A -18 1394	
18	8.5A	19	48.184	-0.0022	16	-13	18	43.56	0.062	20	0.38	48.222	16	33.1	44.11	16	33.1	K0	J 11	1904	A -13 1464	
19	6.7T	19	51.174	-0.0064	22	-15	38	13.51	-0.030	18	0.50	51.431	29	09.5	12.20	26	06.2	G5	GC	8204	A -15 1361	
20	8.6A	19	52.096	-0.0022	17	-14	33	46.55	-0.066	15	0.32	52.134	16	33.1	45.44	16	33.1	AD	J 12A	2042	A -14 1418	
21	8.7A	19	54.497	-0.0033	21	-16	34	28.64	-0.026	15	0.35	54.554	16	33.1	28.20	16	33.1	A5	J 12A	2044	A -16 1454	
22	9.2A	19	56.218	-0.0031	17	-19	0	17.51	0.048	13	0.31	56.270	16	33.1	18.32	16	33.1	K0	J 12B	2216	A -16 1455	
23	9.3A	20	5.871	-0.0028	15	-11	20	41.60	-0.029	17	0.32	5.919	16	33.1	41.11	16	33.1	G0	J 11	1910	A -11 1464	
24	8.7A	20	9.781	0.0000	20	-19	4	17.80	0.011	15	0.34	9.781	16	33.1	17.98	16	33.1	G8	J 12B	2218	A -19 1427	
25	8.0A	20	9.863	-0.0018	21	-16	42	16.85	0.003	15	0.35	9.893	16	33.1	16.91	16	33.1	G5	J 12A	2045	A -16 1456	
26	6.6A	20	12.680	0.0060	18	-12	55	51.32	0.012	20	0.36	12.578	16	33.1	51.52	16	33.1	F8	J 11	1911	A -12 1457	
27	8.8A	20	16.388	-0.0009	18	-15	16	39.88	0.000	13	0.32	16.404	16	33.1	39.88	16	33.1	K0	J 12A	2046	A -15 1363	
28	2.0H	20	29.709	-0.0009	01	-17	55	47.23	-0.004	01	0.05	29.822	02	11.9	47.09	02	12.1	B1	F4	243	A -17 1467	
29	9.0A	20	39.096	-0.0036	17	-18	27	40.43	-0.017	18	0.34	39.156	16	33.1	40.14	16	33.1	K0	J 11	1912	A -10 1499	
30	8.9A	20	39.819	-0.0006	17	-18	49	31.37	0.004	12	0.30	39.830	16	33.1	31.43	16	33.1	A2	J 12B	2223	A -18 1401	
31	3.7A	20	42.555	-0.0018	18	-18	36	12.65	0.032	13	0.32	42.566	16	33.1	13.19	16	33.1	G5	J 12B	2224	A -18 1403	
32	9.4A	20	43.784	-0.0020	16	-10	38	56.68	-0.035	20	0.36	43.818	16	33.1	56.09	16	33.1	A5	J 11	1913	A -10 1500	
33	9.0A	20	46.235	-0.0000	17	-14	52	29.15	-0.011	12	0.30	46.244	16	33.1	29.97	16	33.1	A5	J 12A	2048	A -14 1422	
34	8.8A	20	48.858	-0.0009	17	-12	37	14.56	-0.008	18	0.34	48.903	16	33.1	14.44	16	33.1	K0	J 11	1914	A -12 1462	
35	8.8A	20	52.487	-0.0021	21	-15	6	4.51	-0.011	15	0.35	52.523	16	33.1	4.33	16	33.1	K0	J 12A	2049	A -15 1364	
36	9.3A	20	53.163	-0.0006	21	-17	9	59.73	0.022	15	0.35	53.173	16	33.1	59.11	16	33.1	F8	J 12B	2050	A -17 1468	
37	8.5A	21	0.829	-0.0022	20	-16	11	43.59	-0.017	15	0.35	0.833	16	33.1	43.88	16	33.1	AD	J 12B	2225	A -18 1404	
38	6.3T	21	2.168	0.0006	20	-14	46	31.68	-0.046	16	0.85	2.164	27	06.1	29.49	24	02.2	A3	GC	8234	A -14 1423	
39	8.4A	21	5.449	-0.0015	21	-15	52	34.70	-0.003	15	0.35	5.474	16	33.1	34.65	16	33.1	A3	J 12A	2054	A -15 1366	
40	9.1A	21	6.101	-0.0032	18	-10	44	34.60	0.012	20	0.36	6.156	16	33.1	43.26	16	33.1	K0	J 11	1915	A -10 1501	
41	7.7A	21	6.674	-0.0025	21	-14	7	42.71	-0.004	15	0.35	6.718	16	33.1	42.64	16	33.1	K2	J 12A	2055	A -14 1424	
42	8.9A	21	15.704	-0.0004	15	-12	43	11.56	-0.026	15	0.30	15.711	16	33.1	11.13	16	33.1	AD	J 11	1917	A -12 1463	
43	7.5A	21	19.729	-0.0014	18	-16	50	15.06	-0.027	13	0.32	19.752	16	33.1	14.43	16	33.1	K0	J 12B	2227	A -18 1405	
44	9.2A	21	20.211	-0.0013	15	-11	36	53.93	0.011	17	0.32	20.233	16	33.1	54.12	16	33.1	AD	J 11	1918	A -11 1472	
45	8.4A	21	24.698	-0.0003	13	-12	35	4.10	0.016	17	0.31	24.702	16	33.1	4.38	16	33.1	G0	J 11	1919	A -12 1464	
46	9.2A	21	27.494	-0.0008	19	-19	7	0.64	0.015	15	0.33	27.508	16	33.1	0.92	16	33.1	K0	J 12B	2230	A -19 1434	
47	9.2A	21	27.766	-0.0003	15	-12	42	22.59	-0.028	16	0.30	27.772	16	33.1	23.57	16	33.1	AD	J 11	1921	A -12 1465	
48	9.6A	21	29.226	-0.0001	15	-11	42	16.11	-0.012	17	0.32	29.227	16	33.1	17.70	16	33.1	G5	J 11	1920	A -11 1474	
49	6.5T	21	33.609	-0.0002	18	-16	26	21.20	0.023	17	0.86	33.607	24	04.0	23.78	22	02.1	A5	GC	8255	A -16 1461	
50	6.4T	21	30.233	-0.0015	16	-15	2	58.55	-0.009	14	0.73	30.302	21	04.7	30.11	18	02.1	K2	GC	8257	A -14 1428	
51	8.0A	6	32.779	-0.0009	17	-11	38	43.81	0.007	18	0.34	32.794	16	33.1	43.93	16	33.1	K7	J 11	1922	A -11 1475	
52	9.1A	21	36.967	-0.0046	16	-10	46	16.18	-0.017	16	0.36	37.045	16	33.1	15.90	16	33.1	K0	J 11	1923	A -10 1504	
53	6.6T	21	37.805	-0.0016	10	-19	45	28.82	0.012	08	0.33	37.858	16	33.1	29.25	16	33.1	GC	R273K	B-19 1435		
54	8.9A	21	40.613	-0.0016	15	-13	10	46.28	-0.019	17	0.32	40.659	16	33.1	45.97	16	33.1	A2	J			

## SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

A	: azimute; número diário de Bessel
a	: raio da órbita terrestre suposta esférica; constante de Bessel; constante de placa
a'	: constante de Bessel
$a_e$	: raio equatorial terrestre
A.E.N.A.	: American Ephemeris and Nautical Almanac
A.P.F.S.	: Apparent Places of Fundamental Stars
A.G.K.	: Catalog der Astronomischen Gesellschaft (1, 2, 3)
$\alpha$	: ascensão reta
$\alpha_0$	: ascensão reta na época $T_0$
$\alpha_M$	: ascensão reta média
$\alpha_V$	: ascensão reta verdadeira
$\alpha_{MP}$	: ascensão reta corrigida do movimento próprio
$\alpha_{T'}$	: ascensão reta na época $T'$ (início ou fim de ano)
$\alpha_S$	: ascensão reta do Sol
B	: número diário de Bessel; matriz B (números diários e independentes)
B.I.H.	: Bureau International de l'Heure
b	: constante de Bessel; constante de placa
b'	: constante de Bessel
$\beta$	: latitude celeste
C	: número diário de Bessel
c	: constante de Bessel; constante de placa; velocidade da luz
c'	: constante de Bessel
C.I.O.	: Origem Convencional Internacional (movimento do polo)
$\gamma$	: ponto vernal ou aries
$\gamma_0$	: ponto vernal na época $T_0$

$\gamma_T$	: ponto vernal na época T
$\gamma_M$	: ponto vernal médio
$\gamma_V$	: ponto vernal verdadeiro
$r$	: longitude do perigeo
$D$	: número diário de Bessel; distância geocêntrica do astro
$d$	: Constante de Bessel; constante de placa; distância heliocêntrica do astro
$d'$	: constante de Bessel
$d\alpha_N$	: correção devida aos termos de curto período em nutação na ascensão reta
$d\delta_N$	: correção devida aos termos de curto período em nutação na declinação
$d\alpha(\psi)$	: valor que depende da estrela para os termos de curto período em nutação
$d\alpha(\epsilon)$	: valor que depende da estrela para os termos de curto período em nutação
$d\delta(\psi)$	: valor que depende da estrela para os termos de curto período em nutação
$d\delta(\epsilon)$	: valor que depende da estrela para os termos de curto período em nutação
$d\psi, d\epsilon$	: valores que dependem da data para os termos de curto período em nutação
$\Delta\alpha_A$	: correções à ascensão reta devidas à aberração anual circular
$\Delta\alpha_A^E$	: correções à ascensão reta devidas à aberração anual elíptica
$\Delta\alpha_A^d$	: correções à ascensão reta devidas à aberração diária



- $\Delta\alpha_{TL}$  : correções à ascensão reta devidas ao tempo de deslocamento da luz  
 $\Delta\alpha_P$  : correções à ascensão reta devidas à paralaxe anual  
 $\Delta\alpha_G$  : correções à ascensão reta devidas à paralaxe diária  
 $\Delta\alpha_R$  : correções à ascensão reta devidas à refração astronômica  
 $\Delta\delta_A$  : correções à declinação devidas à aberração anual circular  
 $\Delta\delta_A^E$  : correções à declinação devidas à aberração anual elíptica  
 $\Delta\delta_A^d$  : correções à declinação devidas à aberração diária  
 $\Delta\delta_{TL}$  : correções à declinação devidas ao tempo de deslocamento da luz  
 $\Delta\delta_P$  : correções à declinação devidas à paralaxe anual  
 $\Delta\delta_G$  : correções à declinação devidas à paralaxe diária  
 $\Delta\delta_R$  : correções à declinação devidas à refração astronômica  
 $\Delta\psi, \Delta\epsilon$  : nutação em longitude; nutação em obliquidade  
 $\Delta C, \Delta D$  : termos para correção dos termos em E da aberração  
 $\Delta\mu_1^a, \Delta\mu_1^d$  : variação das componentes do movimento próprio em ascensão reta; em declinação devidas ao tempo  
 $\Delta\mu^a, \Delta\mu^d$  : variação das componentes do movimento próprio em ascensão reta; em declinação devidas à precessão  
 $\Delta R$  : refração diferencial  
 $\Delta\phi_P$  : correções devidas ao movimento do polo na latitude  
 $\Delta L_P$  : correções devidas ao movimento do polo na longitude  
 $\Delta A_P$  : correções devidas ao movimento do polo no azimute  
 $\Delta\xi, \Delta\eta$  : correções às coordenadas padrão  
 $\delta$  : declinação

$\delta_o$	: declinação na época $T_o$
$\delta_M$	: declinação média
$\delta_V$	: declinação verdadeira
$\delta_{MP}$	: declinação corrigida do movimento próprio
$\delta_{T'}$	: declinação na época $T'$
$\delta_S$	: declinação do Sol
E	: número diário de Bessel
e	: excentricidade da órbita terrestre; excentricidade do elipsóide; constante de placa
$\epsilon$	: obliquidade da eclíptica
$\epsilon_o$	: obliquidade da eclíptica na época $T_o$
$\epsilon_T$	: obliquidade da eclíptica na época T
$\epsilon_M$	: obliquidade da eclíptica média
$\epsilon_V$	: obliquidade da eclíptica verdadeira
$\epsilon\alpha, \epsilon\delta$	: correções devidas à aberração planetária na ascensão reta; na declinação
FC	: Fundamental-Catalog
FK3	: Dritter Fundamentalkatalog
FK4	: Fourth Fundamentalkatalog
FK4 Sup.	: Suplemento do FK4
f	: número diário independente; constante de placa
f'	: número diário independente
$f_p$	: fator de pressão
$f_t$	: fator de temperatura
$f_{pt}$	: fator de temperatura e pressão
$\zeta_o$	: constante precessional
G, G'	: números diários independentes
g, g'	: números diários independentes
GC	: General Catalogue of 33.342 Stars for the epoch 1950,0

H	: ângulo horário; número diário independente; distância topocêntrica de um satélite
$H_{\gamma}$	: ângulo horário do ponto vernal
$H_N, H_S$	: ponto norte e ponto sul
IPMS	: Serviço Internacional do Movimento do Polo
J, J'	: termos de 2. <sup>a</sup> ordem (números de Bessel e Independentes)
n	: direção aparente de um astro (aberração), coordenada padrão medida
$\theta$	: constante precessional; direção verdadeira de um astro
$\theta'$	: direção aparente de um astro (paralaxe)
i	: número diário independente
K	: ângulo auxiliar (transformação de coordenadas uranográficas em eclípticas)
$\kappa$	: constante de aberração
$\kappa_d$	: constante de aberração diária
L	: leste; ângulo auxiliar (transformação de coordenadas eclípticas em uranográficas); matriz dos co-senos diretores; longitude esférica
$\lambda$	: longitude celeste; longitude geográfica
$\lambda'$	: precessão planetária anual em ascensão reta
$\lambda_s$	: longitude celeste do Sol
M	: ângulo auxiliar (transformação de coordenadas horizontais em horárias); precessão geral em ascensão reta; matriz do movimento próprio
M.M.G.	: meridiano médio de Greenwich
m	: precessão geral anual em asceção reta
$m_m$	: precessão geral média anual em ascensão reta
$\mu$	: componente tangencial do movimento próprio

- $\mu^a, \mu^d$  : componentes do movimento próprio em ascensão reta; em declinação  
 $\mu_0^a, \mu_0^d$  : componentes do movimento próprio na época  $T_0$  em ascensão reta; em declinação  
 $\mu_1^a, \mu_1^d$  : componentes do movimento próprio na época  $T_1$  em ascensão reta; em declinação  
 $N$  : nadir; ângulo auxiliar (transformação de coordenadas horárias em horizontais; matriz de nutação; grande normal do elipsóide; precessão geral em declinação  
 $NFK$  : Neuer Fundamentalkatalog  
 $N30$  : Catalogue of 5268 Standard Stars, 1950, based on the Normal System N30  
 $n$  : precessão geral anual em declinação; número de segundos em 1 ano; índice de refração da atmosfera  
 $\bar{n}$  : componente da precessão geral em declinação para época média entre  $T_0$  e  $T$   
 $n_m$  : precessão geral média anual em declinação  
 $n_0$  : índice de refração atmosférica no local de observação  
 $\nu$  : ângulo de aberração  
 $\xi$  : coordenada padrão medida  
 $O$  : origem dos sistemas de coordenadas  
 $P$  : matriz precessão; paralaxe diária horizontal  
 $P_N, P_S$  : polo norte celeste; polo sul celeste  
 $PGC$  : Preliminary General Catalogue  
 $p$  : distância polar; precessão geral anual em longitude; paralaxe diária; pressão atmosférica no momento da observação  
 $p_0$  : pressão atmosférica da atmosfera padrão  
 $P_n, P_s$  : polo norte; polo sul da eclíptica

$P_m$	: precessão geral anual média em longitude
$\pi$	: paralaxe anual
$Q, Q'$	: equador celeste
$Q_{T_0}, Q'_{T_0}$	: equador celeste na época $T_0$
$Q_{T_1}, Q'_{T_1}$	: equador celeste na época $T$
$Q_M, Q'_M$	: equador celeste médio
$Q_V, Q'_V$	: equador celeste verdadeiro
$q, q'$	: equador terrestre
$R$	: ângulo de refração; raio equatorial da Terra
$R_A$	: refração astronômica
$R_a$	: refração atmosférica
$R_N$	: refração normal
$R_i(\theta)$	: matriz de rotação em torno do eixo $i$ de um ângulo $\theta$
$R_i$	: matriz de reflexão segundo o eixo $i$
$r$	: raio da Terra suposta esférica
$\rho$	: distância geocêntrica do observador
$S$	: matriz $S$ (movimento do polo); hora sideral
$S_G$	: hora sideral de Greenwich
$(S_G)_A$	: hora sideral de Greenwich aparente
$(S_G)_M$	: hora sideral de Greenwich média
S.A.O.	: Smithsonian Astrophysical Observatory
SMS, SMI	: Semi-meridiano superior; inferior
$s$	: distância do centro da Terra a um ponto onde o índice de refração atmosférica é $n$
$T$	: época $T$ ; período de rotação da Terra
$T_0, T'$	: época $T_0$ ; época $T'$ início ou fim de ano
$T_j(T_1,$	
$T_2, T_3)$	: sistema de coordenadas retilíneas eclípticas
$t_0$	: temperatura da atmosfera padrão; tempo $t_0$

$t$  : temperatura da atmosfera no momento da observação;  
tempo  $t$

$\tau$  : tempo de deslocamento da luz; fração do ano de Bessel

$U_i (U_1,$   
 $U_2, U_3)$  : sistemas de coordenadas retilíneas geográficas esféricas

$\phi$  : latitude geográfica

$\phi$  : latitude esférica

$VA$  : variação anual em ascensão reta

$VS$  : variação secular em ascensão reta

$39t$  : terceiro termo em ascensão reta

$v_e, v_\phi$  : velocidade tangencial da Terra no equador e num local de latitude  $\phi$

$V$  : velocidade radial

$W$  : paralaxe diária horizontal equatorial; oeste

$X_s, Y_s,$   
 $Z_s$  : coordenadas cartesianas equatoriais do Sol

$X_i (X_1,$   
 $X_2, X_3)$  : sistema de coordenadas retilíneas horizontais

$X_p, Y_p$  : coordenadas cartesianas do polo norte verdadeiro referidas ao CIO

$X_1, Y_1$  : coordenadas cartesianas do polo norte verdadeiro referidas a origem 1958

$x$  : coordenada padrão calculada

$Y_j (Y_1,$   
 $Y_2, Y_3)$  : sistema de coordenadas retilíneas horárias

$y$  : coordenada padrão calculada

$Z_i (Z_1,$   
 $Z_2, Z_3)$  : sistema de coordenadas retilíneas uranográficas

$Z$  : distância zenital; zênite

$Z'$	: distância zenital medida
$Z_M$	: matriz das coordenadas uranográficas retilíneas médias
$Z_V$	: matriz das coordenadas uranográficas retilíneas verdadeiras
$Z_A$	: matriz das coordenadas uranográficas retilíneas aparentes
$Z_H$	: matriz das coordenadas uranográficas retilíneas heliocêntricas
$Z_G$	: matriz das coordenadas uranográficas retilíneas geocêntricas
$Z^*$	: matriz das coordenadas uranográficas retilíneas topocêntricas
$z$	: constante precessional
$\psi'$	: precessão luni-solar em longitude
$\Omega$	: ponto balança ou libra
$\omega, \omega'$	: eclíptica
$\omega_0, \omega'_0$	: eclíptica na época $T_0$
$\omega_T, \omega'_T$	: eclíptica na época $T$
$\bar{\omega}_S$	: longitude do perihélio
$\phi_M, L_M,$ $A_M$	: latitude; longitude; azimute médios
$\phi_V, L_V,$ $A_V$	: latitude; longitude; azimute verdadeiros

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] - ANNUAL REPORT, Bureau International de l'Heure, Paris.
- [02] - ANNUAL REPORT OF THE INTERNATIONAL POLAR MOTION SERVICE,  
Mizusawa.
- [03] - ANUÁRIO ASTRONÔMICO (Instituto Astronômico e Geofísico da  
USP).
- [04] - ANUÁRIO DO OBSERVATÓRIO NACIONAL, Rio de Janeiro.
- [05] - APPARENT PLACES OF FUNDAMENTAL STARS (Catalogue (FK4)).  
Heidelberg.
- [06] - BOSS, Benjamin. General Catalogue of 33 342 Stars for the  
epoch 1950 (GC). Carnegie Institution of Washington,  
[Reprinted by Johnson Reprint Co., N.Y., 1936].
- [07] - CHAUVENET, W. Manual of spherical and practical astronomy.  
5 ed. Philadelphia, J.B. Lippincott, 1891. v. 1:  
Spherical Astronomy.
- [08] - CIRCULAR D. Bureau International de l'Heure, Paris.
- [09] - FRICKE, W. & KOPFF, A. Fourth Fundamental Catalogue (FK4).  
Veröffentlichungen des Astronomisches Rechen - Instituts,  
Heidelberg, 10, 1963.
- [10] - ————. Preliminary Supplement to the FK4  
(FK4 Sup.). Veröffentlichungen des Astronomisches  
Rechen - Instituts, Heidelberg, 10, 1963.
- [11] - GEMAEEL, Camil. Astronomia de Campo. Curitiba, Diretório  
Acadêmico de Engenharia do Paraná, 1957, 388p.  
[D.A.E.P. Publicação, n. 60].



- [12] - GEMAEL, Camil. Elementos de Trigonometria Esférica. Curitiba, Diretório Acadêmico de Engenharia do Paraná, 1960.
- [13] - ————. Aplicações do cálculo matricial em Geodésia. 1.ª Parte: Sistemas de Coordenadas. Curitiba, 1962. |Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas|.
- [14] - ————. Geodésia Celeste. Curitiba, 1974. |Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas|.
- [15] - ————. Geodésia: Formulário e Tabelas. Curitiba, Diretório Acadêmico de Engenharia do Paraná, 1974.
- [16] - HARAMUNDANIS, K. Experience of the Smithsonian Astrophysical Observatory in the Construction and use of Star Catalogue, The Astronomical Journal, 72:5, 1966.
- [17] - HATSCHBACH, Fernando. Um algoritmo para identificação de estrelas em fotografias obtidas com câmaras balísticas. Curitiba, 1974. 10f. |Trabalho apresentado no Seminário Internacional das Nações Unidas sobre aplicações em cartografia de dados geodésicos e de sensoriamento remoto obtidos por meio de satélites artificiais; São José dos Campos, 4-15 novembro 1974|.
- [18] - HOFFLEIT, Dorrit. Catalogue of Bright Stars. New Haven, Yale University Observatory, 1964.
- [19] - I.A.U. - COSPAR - International information Bureau on Astronomical Ephemerides. Information cards.
- [20] - JENKINS, Louise F. General Catalogue Trigonometric Stellar Paralaxes. New Haven, Yale University Observatory, 1963.
- [21] - KOPF, A. Dritter Fundamentalkatalog des Berliner Astronomischen Jahrbuchs, I. Teil: Die Auwers Sterne für die Epochen 1925 und 1950, (FK3). Veröffentlichungen des Astronomischen Rechen - Instituts zu Berlin - Dahlem, 54, 1937.

- [22] - KOPF, A. Dritter Fundamentalkatalog des Berliner Astronomischen Jahrbuchs, II, Teil: Die Zusatzsterne für die Epoche 1950. Abhandlungen der Preussischen Akademie der Wissenschaften Jahrgang, Phys. - math. Klasse, Nr. 3, 1938.
- [23] - MONTHLY NOTES OF THE INTERNATIONAL POLAR MOTION SERVICE, Mizusawa.
- [24] - MUELLER, I.I., Introduction to satellite geodesy. New York, F. Ungar, 1964.
- [25] - —————, Spherical and Practical Astronomy as Applied to Geodesy. New York, F. Ungar, 1969.
- [26] - NAUTICAL ALMANAC OFFICES OF THE UNITED KINGDOM AND THE UNITED STATES OF AMERICA. Explanatory Supplement to the Astronomical Ephemeris and the American Ephemeris and Nautical Almanac. London, HMSO, 1961.
- [27] - NEWCOMB, S. (1906). A Compendium of Spherical Astronomy. New York, Dover, 1960.
- [28] - SCOTT, Francis P., A Method for Evaluating the Elliptic E Terms of Aberration. The Astronomical Journal, 69: 372-3, 1964.
- [29] - SCOTT, F.P. & HUGHES, J.A. Computation of Apparent Places for the Southern Reference Star Program. The Astronomical Journal, 69: 368-371, 1964.
- [30] - SMART, W.M. Text-book on spherical astronomy. 4. ed. London, Cambridge University Press, 1960.
- [31] - SMITHSONIAN ASTROPHYSICAL OBSERVATORY. Star Catalog. Positions and Proper Motions of 258 997 Stars for the epoch and equinox of 1950,0. Washington, D.C., 1966. 4v.

- [32] - SMITHSONIAN ASTROPHYSICAL OBSERVATORY. - Star Atlas of Reference Stars and Monstellar Objects. Cambridge, MIT Press, 1969.
- [33] - THE AMERICAN EPHEMERIS AND NAUTICAL ALMANAC, Washington, D.C.
- [34] - VEIS, G. Geodetic uses of artificial satellites. Smithsonian Contributions to Astrophysics, 3 (9) 1960.
- [35] - HARAMUNDANIS, K.L. SAO Star Catalog Binary Tapes. Cambridge, Massachusetts, Smithsonian Institution Astrophysical Observatory, 1967.