

Capítulo 6

OS PROGRAMAS *OMNI* E *ADJUST*

Este capítulo tem como objetivo fazer uma breve apresentação dos programas *OMNI* e *ADJUST*, ambos desenvolvidos pelo “U. S. National Geodetic Survey - NGS” e utilizados neste trabalho para determinar as coordenadas dos pontos da Rede Minas e fazer as comparações e análises propostas.

Pensando no futuro desenvolvimento de softwares para processamento de dados GPS, a descrição do programa *OMNI* é feita numa seqüência lógica que estimula a programação. Uma descrição detalhada deste programa, com apresentação de fluxogramas, pode ser encontrada em Segantine, (1995).

6.1 – O programa *OMNI*

O programa *OMNI* é na verdade um conjunto de 50 subprogramas que processam fases das portadoras dos sinais GPS no formato ARGO (Automatic Re-formatter of the GPS Observables) ou RINEX (The Receiver Independent Exchange Format), para posicionamentos por ponto, bases simples e multi-estações no modo estático. Para isto, os dados de cada sessão devem ser armazenados em diretórios exclusivos.

Na versão atual, 4.0¹, o *OMNI* processa dados de uma sessão com até doze receptores e vinte e quatro satélites. A grande vantagem deste programa, é que trata-se de um programa com código aberto, livre de restrições proprietárias quanto à sua cessão, alteração e distribuição e, além disso, aceita observações de diferentes tipos de receptores, desde que elas sejam transformadas para o formato RINEX.

O processamento de dados GPS com o *OMNI* é feito seguindo em parte ou no todo a seguinte rotina:

- 1- Reformatar os dados gravados pelos receptores para o formato RINEX ou ARGO. São empregados os programas *RINGO* ou *ARGO*. Como as

¹ Embora esta seja a versão oficial mais recente do *OMNI* há, no conjunto de programas, alguns que foram atualizados.

- observações da Rede Minas, que nos foram enviadas, já estavam no formato RINEX, não houve necessidade de reformatação;
- 2- Reunir dados e informações de todas as estações e satélites envolvidos em três arquivos básicos. Os programas utilizados para isso são *MERSET* e *MERGE*;
 - 3- Calcular os resíduos das duplas diferenças de fases a priori da portadora L1, para cada instante de observação. São empregados os programas *GPSSET* e *GPS22*;
 - 4- Detectar e eliminar as perdas de ciclos na portadora L1. São as funções dos programas *CHKDDR* e *EDATA*;
 - 5- Calcular os resíduos das duplas diferenças de fases ajustadas, solução *a posteriori*, da portadora L1, para cada instante de observação. Novamente, utilizam-se os programas *GPSSET* e *GPS22*;
 - 6- Detectar e eliminar perdas de ciclos e *outliers*¹ na portadora L1. São usados os programas *CHKPFR*, *EDATA* e *PLOT*;
 - 7- Repetir os passos 3, 4, 5 e 6 para as portadoras L2 ou L3 (L3 se as bases forem maiores que 40 Km);
 - 8- Após limpar as portadoras L1 e L2 das perdas de ciclos e *outliers*, executar a solução *ionospheric free*: programas *GPSSET* e *GPS22*;
 - 9- Se as bases forem menores que 100 Km, tentar fixar as ambigüidades: programas *GPSSET*, *GPS22* e *BIAS*. Como as bases da Rede Minas são, na sua quase totalidade, maiores que 100 Km, não foi feita nenhuma tentativa de fixar as ambigüidades.

A seguir será feita uma breve descrição dos principais programas que compõem o *OMNI* e que foram utilizados no processamento dos dados da Rede Minas.

6.1.2- Programas *MERSET* e *MERGE*

A função do *MERSET* é criar um arquivo denominado *MERGE.INP* que indicará ao *MERGE* os arquivos e informações de entrada.

¹ Observações ruins que contém erros grosseiros.

Já o programa *MERGE* tem as seguintes funções principais:

- Reunir em três arquivos, dados e informações de todas as estações e satélites envolvidos em uma mesma sessão;
- Calcular os erros dos relógios dos satélites e aplicar estas correções nas fases e pseudodistâncias observadas;
- Calcular os coeficientes polinomiais dos erros dos relógios das estações, usando as pseudodistâncias, e corrigir esses erros nos dados de cada receptor. As correções são feitas pelo *MERGE* somente para versões superiores a 3.14 (Mader et al. 1994). Neste trabalho foi utilizada a versão 5.0 do *MERGE*.
- Calcular o atraso troposférico para cada par satélite-estação e
- Calcular as coordenadas das estações a serem resolvidas, usando as triplas diferenças de fases da portadora L1.

Para realizar suas funções o *MERGE* solicita os seguintes dados e informações:

- Códigos e fases das portadoras L1 e L2 observadas em todas as estações;
- Efemérides transmitidas e precisas ou somente transmitidas. Os arquivos com efemérides precisas, importados em formato sp3, devem ser transformados para o formato sp1 e ter extensão renomeada para ‘EPH’;
- Coordenadas cartesianas geocêntricas da estação de referência, em metros;
- Coordenadas cartesianas geocêntricas aproximadas das estações a serem resolvidas, em metros;
- Altura do topo da placa plana utilizada como referência para medida das alturas dos centros de fases das portadoras L1 e L2 (*Top Ground Plane – TGP*), em relação ao ponto que define a estação, em metros. A tendência atual é utilizar a base da antena (*Antenna Reference Point – ARP*), como referência;
- Tipo de antena GPS; (é a partir do tipo de antena que o *MERGE* extrai dos arquivos MERSET.AIF e ANT-INFO.01 as posições e as variações destas posições com a elevação do satélite, dos centros de fases das portadoras L1 e L2 em relação ao TGP);
- Dados meteorológicos – temperatura (°C), pressão (mB) e umidade relativa do ar (%);

- Instante inicial e final das observações e taxa de rastreamento. Esses valores são definidos pelo usuário e podem ser diferentes daqueles adotados no rastreamento. Isto permite que dados coletados com taxas de rastreamento diferentes em frações de segundos, sejam processados conjuntamente. O programa fará interpolações, se necessário.
- Ângulo de elevação mínima, em graus;
- Identificação dos satélites observados na sessão.
- Ao rodar o programa *MERSET*, há necessidade de se definir uma, e somente uma, estação de referência para a formação das duplas diferenças de fases. Mader et al. (1994) recomendam que se escolha uma estação com coordenadas bem determinadas. Atualmente, sem a *Selective Availability – SA*, as coordenadas determinadas em tempo real e armazenadas no receptor têm precisão que possibilita qualquer estação, com bons dados, ser tomada como referência. Segundo Rizos, (1999), a escolha desta estação deve ser feita de acordo com a qualidade dos dados e sua posição em relação às demais estações, buscando a formação de vetores que forneçam um somatório mínimo das distâncias.

Ao ser executado, o programa *MERGE*, além reunir os dados de todas as estações e satélites observados em três arquivos, grava arquivos gráficos que, mostrados em tela pelo programa *PLOT*, fornece um meio de examinar o estado geral dos satélites e receptores e de avaliar a qualidade dos dados. Os três arquivos básicos são:

- VdddHD.DAT: Arquivo cabeçalho em código ASCII com os elementos orbitais dos satélites observados, dados meteorológicos, posições dos centros de fases, coordenadas resultantes do processamento das triplas diferenças e coeficientes polinomiais para correção dos relógios de cada receptor. (V é uma letra do alfabeto que indica a versão do arquivo e ddd representa o dia do ano em que foram feitas as observações. A versão do arquivo é alterada a medida que se processam os dados e se corrige as de perdas de ciclos ou se elimina observações com erros grosseiros;

- VdddOR.DAT: Arquivo em formato binário com as posições e velocidades de cada satélite observado e
- VdddDT.DAT: Arquivo em formato binário contendo fases e pseudodistâncias observadas e erros troposféricos.

As épocas de observações gravadas nestes arquivos começam com a época 1 no instante inicial e aumentam uniformemente com a taxa de rastreamento definida pelo usuário. Estas épocas são, portanto, independentes dos instantes em que foram coletados os dados pelos receptores e podem não ser exatamente iguais. Neste caso os valores das fases e das pseudodistâncias serão interpolados¹.

Quanto aos arquivos gráficos, os principais são:

- CLKddd.PLT: mostra as pseudodistâncias derivadas de SL1 para todos os satélites observados em cada estação, em μs ;
- PXAddd.PLT: mostra os resíduos das fases das portadoras L1 e L2, para todos os satélites observados em cada estação, em ciclos;
- TDFddd.PLT: mostra os resíduos das triplas diferenças para todos os satélites observados em cada estação, em ciclos;
- ELVddd.PLT: mostra as elevações de todos os satélites observados em cada estação, em graus decimal.

¹ Mader et al. (1994) dizem que: “Epoch times in the database are derived from the start time plus some integer multiple of the interval. The station observations closest to the data base times are selected for inclusion in the data base. If the observation times are not exactly coincident with the data base time the phase and range values will be corrected by the time difference multiplied by the doppler rate and a continuously estimated clock drift for each receiver. The accuracy of this correction depends on the accuracy of the a priori station coordinates, the satellite orbits and the amount of the shift. Generally, shifts of a second or less can be done with negligible degradation of accuracy. This is the feature that allows different receiver data with slightly different time tags to be combined”.

6.1.3- Programas *GPSSET* e *GPS22*

O *GPSSET* tem a função de criar o arquivo GPS22.INP que indicará ao *GPS22* os arquivos e informações a serem processadas.

O *GPS22* é o programa principal do *OMNI*. É ele que calcula as coordenadas das estações, suas variâncias e seus coeficientes de correlação. Sua função varia com o tipo de solução requerida. Para a solução *a priori*, tem a função de gerar o arquivo DDRddd.PLT que contém os resíduos das duplas diferenças de fases da portadora escolhida; para solução *a posteriori*, tem a função de gerar o arquivo PFRddd.PLT que contém os resíduos das duplas diferenças de fases ajustadas para a portadora processada, e calcular todos os parâmetros incógnitos e suas correlações.

Para que o *GPS22* realize estas funções devem ser fornecidos os seguintes dados e informações ao programa:

- Dados e informações contidas nos arquivos VdddHD.DAT, VdddOR.DAT e VdddDT.DAT;
- Informações quanto a estação que será referência, quais serão determinadas e quais serão omitidas;
- Informações sobre quais satélites são referência e quais serão omitidos, se for necessário. Escolhe-se para referência o satélite com maior elevação. Em uma mesma sessão pode-se ter vários como referência. Quando o satélite escolhido não está presente na estação de referência, o programa usa o satélite com bons dados, isto é, aquele tem maior relação sinal/ruído.
- Identificação da portadora a ser processada: L1, L2, ion-free ou wide-lane;
- Informações sobre as estações em que devem ser determinados os fatores de escala para as correções troposféricas. Segundo Mader et al. (1994), estações nas quais se utilizam dados meteorológicos aproximados devem ter esses fatores calculados. No entanto, só se atribuem esses fatores aos dois extremos de uma base, se ela for maior que 100 Km. Se não, a correção troposférica deve ser fixada em um dos extremos;
- Informações quanto ao tipo de solução a ser adotada: *a priori* ou *a posteriori*.

Quando se executa o programa *GPS22* com opção pela solução *a priori*, os únicos dados resultantes são os resíduos, em ciclos, das duplas diferenças de fases, gravados no arquivo *DDRddd.PLT*. Na solução *a posteriori*, tem-se como saída os seguintes dados e informações resultantes do processamento das duplas diferenças de fases das portadoras L1, L2, ion-free ou “wide-lane”:

- Resíduos, das duplas diferenças ajustadas, gravados no arquivo *PFRddd.PLT*, em metros;
- Informações sobre a versão do programa *GPS22*, a época de rastreamento e processamento, satélites de referência e posições dos centros de fases de L1 e L2 em relação à estação;
- Tipos de parâmetros incógnitos. Os possíveis parâmetros são: erros nos relógios dos receptores, ambigüidades, fatores de escala para as correções troposféricas, elementos orbitais dos satélites e coordenadas das estações;
- Matriz dos coeficientes de correlação entre os parâmetros contendo os números Googe. De acordo com Mader et al. (1994), se o número Googe for menor que 1×10^{-6} para um determinado parâmetro, este foi mal determinado.
- Erro médio quadrático geral do ajustamento – RMS. Mader et al. (1994) recomendam como valores máximos para estes erros os listados na Tabela 6.1. Estes valores variam de acordo com a quantidade de ruídos nos sinais e com as condições de tempo em que foi feito o rastreamento. São listados também os valores de RMS para cada par satélite-estação. Eles podem indicar se houve problema em algum satélite ou em alguma estação.

Tabela 6.1 – Valores máximos de erros médios quadráticos para diferentes comprimentos de bases- Fonte: Mader et al. (1994).

Comprimentos das bases (Km)	Valores máximos de RMS (m)
Até 30	0,0100
30 a 80	0,0200
Maiores que 80	0,0300

Além dos dados e informações acima, o programa *GPS22* calcula, para cada estação:

- Coordenadas cartesianas geocêntricas, aproximadas e ajustadas, em metros, do centro de fase de L1 e da estação. Na versão 4.0 do *OMNI*, se se usam efemérides precisas calculadas pelo U. S. National Geodetic Survey (NGS), o sistema de referência é o ITRF97;
- Desvio padrão de cada coordenada, em metros;
- Elementos relacionados com as ambigüidades e seus desvios padrão;
- Fator de escala para a correção troposférica, em porcentagem e,
- Todos os vetores possíveis de serem formados a partir de cada estação da sessão. As componentes desses vetores são derivadas das coordenadas que foram determinadas e das conhecidas da estação de referência. São listados também os comprimentos desses vetores, em metros.

6.1.4- Programas *CHKDDR*, *CHKPFR* e *EDATA*

A partir do arquivo *DDRddd.PLT* - gerado pelo *GPS22* com a opção de solução *a priori* para L1, L2 ou L3 – o programa *CHKDDR* detecta todas as perdas de ciclos na portadora que está sendo processada. Inicialmente é necessário informar ao programa que portadora é esta. A seguir, são solicitadas informações quanto ao menor valor do número de ciclos perdidos a ser detectado. Estas perdas podem ser de milhares a décimos de ciclos. Segundo Mader et al. (1994), a experiência mostra que corrigindo primeiro as perdas acima de 10 ciclos, fica mais fácil encontrar as menores numa segunda iteração. Embora o *CHKDDR* liste na tela e grave no arquivo *Vddd.CHK* todas as perdas de ciclos acima do mínimo especificado, somente as acima de 0,8 ciclos (ou 0,4 para portadoras L2 reconstruídas com meio comprimento de onda) serão consideradas como perdas e gravadas no arquivo *Vddd.EDT*.

Além de informar ao *CHKDDR* o menor número de ciclos perdidos a ser detectado, é necessário informar o número máximo de épocas sem sinal para o qual a diferença entre os resíduos será considerada como perda de ciclos. Segundo Mader et al. (1994), se há um grande número de épocas sem sinal, cabe ao usuário analisar as

tendências dos resíduos antes e depois da janela (intervalo sem sinal), e definir se há perda de ciclos neste intervalo. Ainda segundo Mader et al. (1994), para janelas de até 15 minutos – 60 épocas com uma taxa de rastreamento de 15 segundos - não há nenhum problema em corrigir as perdas de ciclos.

EDATA é o programa que corrigirá as perdas gravadas no arquivo Vddd.EDT. Se o arquivo de dados que está sendo processado é, por exemplo, o AdddDT.DAT, o *EDATA* aplicará nele as correções e gravará o arquivo corrigido com o nome BdddDT.DAT. Os arquivos AdddHD.DAT e AdddOR.DAT serão renomeados para BdddHD.DAT e BdddOR.DAT, respectivamente. Ao executar o programa *EDATA* é necessário informar o nome do arquivo de dados atual e o do a ser gravado. Para isto basta digitar as quatro primeiras letras dos nomes dos arquivos - Addd e Bddd no exemplo dado - além do nome do arquivo que contém as correções – Addd.EDT.

Os dados corrigidos, do arquivo BdddDT.DAT, devem agora ser processados novamente pelo programa *GPS22*. Para isto é necessário executar primeiramente o *GPSSET*.

Todas as perdas maiores que 0,8 ciclos de uma determinada portadora, processada com a opção *a priori*, podem ser totalmente corrigidas executando seqüencial e iterativamente os programas *GPS22*, *CHKDDR* e *EDATA* ou *PLOT*.

As perdas entre 0,5 e 0,8 ciclos podem ser corrigidas manualmente executando o programa *PLOT* para visualizar os dados do arquivo DDRddd.PLT e verificando as pequenas perdas no arquivo Vddd.CHK, que deve ser impresso.

Corrigidas as perdas de ciclos de uma determinada portadora, a partir dos resíduos *a priori*, passa-se a corrigi-las utilizando agora os resíduos *a posteriori* gravados no arquivo PFRddd.PLT - gerado ao executar o programa *GPS22* com a opção “solution” (*a posteriori*) para L1, L2 ou L3.

Os resíduos e, portanto, as perdas de ciclos, serão agora determinadas em metros e não em ciclos.

A partir do arquivo PFRddd.PLT o programa *CHKPFR* detecta todas as perdas de ciclos e as grava no arquivo Vddd.CHK; porém somente as maiores que 0,8 ciclos (0,153 m para L1, 0,196 m para L2 e 0,153 m para L3) serão gravadas no arquivo Vddd.EDT para posterior correção com o programa *EDATA*.

As perdas entre 0,1 e 0,8 ciclos (0,019 e 0,153 m para L1 e L3), podem ser consideradas *outliers* e devem ser eliminadas manualmente utilizando o programa *PLOT*.

Todas as perdas de ciclos e observações com erros grosseiros, de uma determinada portadora, processada com a opção *a posteriori*, podem ser corrigidas ou eliminadas, respectivamente, executando seqüencial e iterativamente os programas *GPS22*, *CHKPFR* e *EDATA* ou *PLOT*.

A limpeza da portadora L2 deve ser feita após limpar a L1, processando a própria portadora L2 ou a portadora L3 quando as bases são maiores que 40 Km ou a ionosfera está agitada (Mader et al., 1994).

Com as portadoras L1 e L2 livres de perdas de ciclos e de erros grosseiros, chega-se à solução *ionosferic free* final, processando a portadora L3 *a posteriori* com o programa *GPS22*. Nesta solução as ambigüidades são consideradas como parâmetros a serem determinados e não são, portanto, fixadas. Se se deseja fixá-las deve-se executar o programa *BIAS*.

Ao executar a solução final de uma determinada sessão, as componentes dos vetores processados, seus desvios padrão e a matriz dos coeficientes de correlação entre as componentes e entre os vetores, são gravados em um arquivo denominado *Vddd.sgf* – onde *s* é uma letra do alfabeto que juntamente com os dígitos do dia do ano, denomina a sessão.

6.2 – O programa *ADJUST*

O programa *ADJUST*, versão 4.16, também é um programa de código aberto, livre de restrições proprietárias e pode ser extraído da página http://www.ngs.noaa.gov/PC_PROD/pc_prod.shtml - acesso em 19/04/2002.

Em verdade, trata-se de um pacote de programas que executa o ajustamento pelo método dos mínimos quadrados de ângulos e distâncias horizontais e verticais e vetores determinados a partir de observações do sistema TRANSIT e GPS. O pacote inclui os seguintes programas principais:

- *CR8BB.exe* : este programa cria um arquivo denominado no NGS por “Blue Book”. Neste arquivo devem ser armazenadas informações do

projeto, das sessões, as coordenadas aproximadas das estações e o sistema de referência dessas coordenadas. Dentre essas informações estão aquelas contidas na tabela do anexo A.

- *CR8SER.exe*: programa que extrai do “Blue Book” a identificação das estações envolvidas no projeto, criando um arquivo com o rol de estações.
- *MAKEGF.exe*: a partir da lista de estações contidas no “Blue Book”, dos arquivos *Vddd.gf* - criados pelo *OMNI* no processamento de cada sessão - e de uma lista com a identificação desses arquivos, este programa gera um único arquivo, conhecido como “G-file”, que conterà, entre outras informações, a identificação do projeto, a data de início e término da campanha e, para cada sessão, os instantes de realização da primeira e última observação, o número de vetores independentes, o tipo de efemérides, o sistema de referência dos vetores, as estações que definem cada vetor, as componentes dos vetores, seus desvios padrão e a matriz dos coeficientes de correlação entre as componentes e entre os vetores.
- *COMPGB.exe*: este programa verifica se há alguma incompatibilidade entre os arquivos “Blue Book” e “G-file”.
- *MAKE.86*: Atualiza a versão do “Blue Book”, inserindo informações sobre altitudes ortométricas, se houver.
- *ADJUST.exe*: realiza o ajustamento livre ou injuncionado dos vetores armazenados em “G-file”. Os valores *default* das variâncias das injunções são iguais 0,1 mm, o que equivale a fixar as estações.
- *MODGEE.exe*: este programa escala os desvios padrão dos vetores observados, alterando os valores armazenados no “G-file”.
- *BBACCUR.exe*: gera uma lista com os vetores ajustados e suas precisões interna e externa.

De acordo com o tutorial do programa *ADJUST*, também obtido na página http://www.ngs.noaa.gov/PC_PROD/pc_prod.shtml, inicialmente deve ser realizado o ajustamento com injunções mínimas, a fim de melhorar as coordenadas

aproximadas armazenadas no “Bbook”. A seguir, com o objetivo de detectar e eliminar observações com erros grosseiros do arquivo “G-file”, realiza-se o ajustamento livre. Os *outliers* são eliminados iterativamente até que a variância de referência *a posteriori* atinja um valor desejado.

Após eliminar do arquivo de vetores aqueles com erros grosseiros, seus desvios padrão devem ser escalados pela raiz quadrada da variância de referência *a posteriori*.

Com o arquivo “G-file” livre de *outliers* e com os desvios padrão escalados, a rede pode ser ajustada com injunções mínimas, fixando as coordenadas de todas as estações conhecidas ou ponderando as coordenadas dos pontos conhecidos.