

## Cálculo de Parâmetros de Transferências de Sistemas Geodésicos

### Introdução

O IBGE utiliza, desde 1973, o método de posicionamento de pontos para redução de dados obtidos pelo efeito Doppler. Esta redução de dados forneceu coordenadas retangulares geocêntricas tridimensionais (X, Y, Z) o sistema de coordenadas NWL-9D.

Quando se deseja obter a posição nos moldes de coordenadas elipsoidais, o elipsóide NWL-8E (a = 6 378 145m e 1/f = 298,25) é utilizado.

A fim de se obter coordenadas em um datum geodésico, tal como SAD-69, é necessário realizar uma transferência de datum. Isto é calculado através dos parâmetros dos dois elipsóides e das diferenças de coordenadas geocêntricas  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  e  $\Delta Z$  provenientes dos valores conhecidos, no mesmo ponto, em sistemas de referências diversos.

Até fins de 1977 foi utilizado o terno de parâmetros calculados pelo Defense Mapping Agency (DMA), baseados em três pontos no exterior; La Paz, Quito e Assunção.

A razão da utilização daqueles parâmetros deve-se ao fato do IBGE não possuir, em aquela época, estações de triangulação com coordenadas derivadas do rastreamento de satélites.

No presente trabalho utilizou-se vinte estações, sendo dezoito de triangulação de 1ª

ordem e duas de poligonação eletrônica, ajustadas no Elipsóide SAD-69 (a = 6 378 160 e 1/f = 298,25) pertencentes à Rede Fundamental do Brasil. (Vide Fig. 1).

O objetivo primordial da determinação de novos parâmetros é a compatibilização das coordenadas de pontos não conectados com a rede de apoio, obtidas pelo rastreamento de satélites, com as coordenadas geodésicas obtidas pelos métodos tradicionais.

### Cálculo dos parâmetros

Para um ponto apenas, sendo conhecidas as posições geodésicas ( $\varphi$ ,  $\lambda$ , H) em dois sistemas, calcula-se as coordenadas cartesianas nos dois sistemas.

Equações de Cálculo das Coordenadas Cartesianas (Vide Fig. 2).

$$\begin{aligned} X &= (v + H) \cos \varphi \cos \lambda \\ Y &= (v + H) \cos \varphi \sin \lambda \\ Z &= [v (1 - e^2) + H] \sin \varphi \end{aligned}$$

A Subtração das Coordenadas Cartesianas define os Parâmetros de Translação:

$$\begin{aligned} \Delta X &= X - X' \\ \Delta Y &= Y - Y' \\ \Delta Z &= Z - Z' \end{aligned}$$

Neste trabalho foram utilizados vinte vértices da triangulação brasileira, conhecidas as respectivas posições geodésicas em SAD e NWL. A média

aritmética dos  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$ , dos pontos determina um único termo de parâmetros para toda área.

$$\Delta X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i \text{ (SAD)} - X_i \text{ (NWL)})$$

$$\Delta Y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i \text{ (SAD)} - Y_i \text{ (NWL)})$$

$$\Delta Z = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z_i \text{ (SAD)} - Z_i \text{ (NWL)})$$

SENDO n = 20

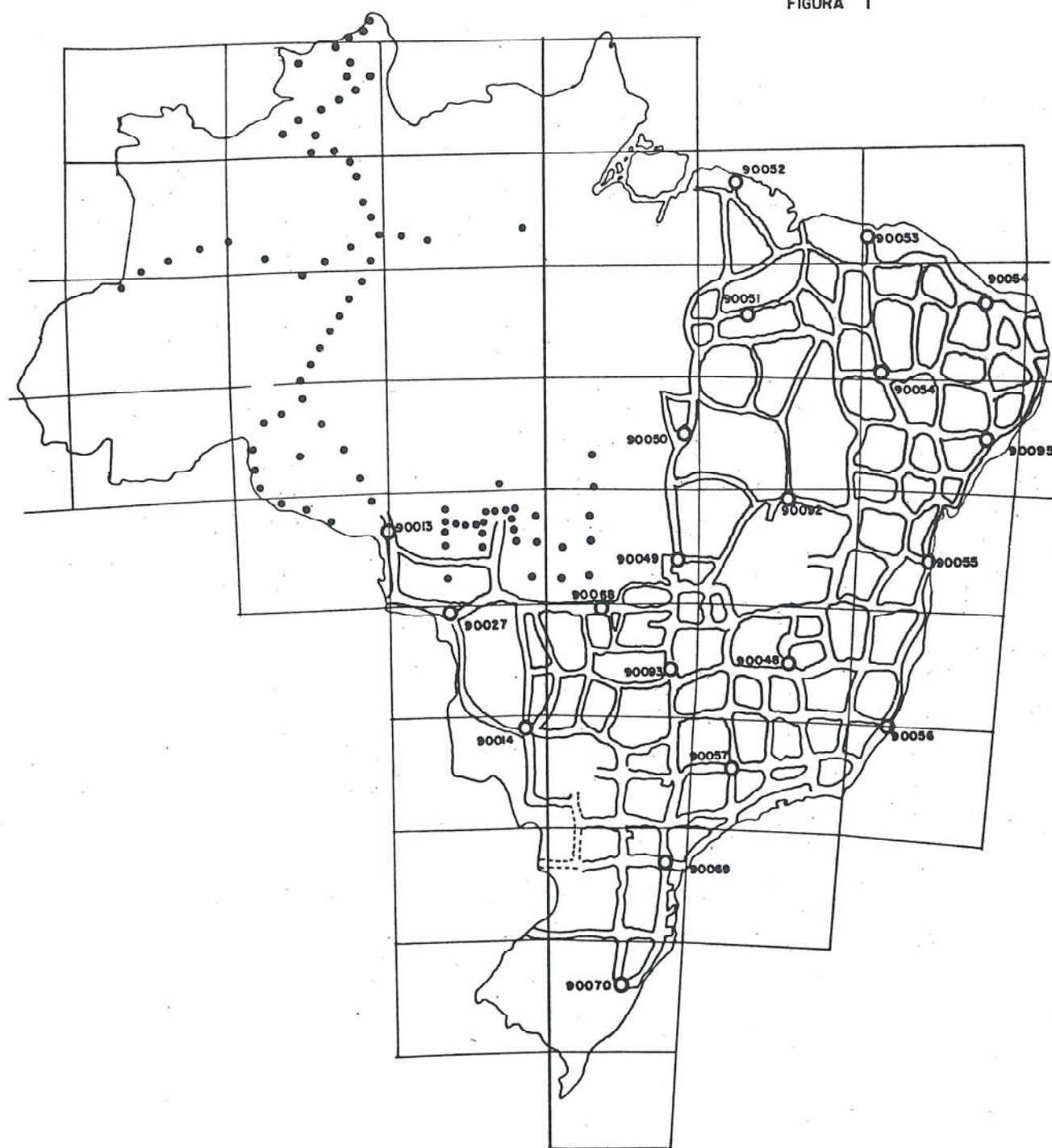
De acordo com o procedimento mencionado, foram obtidos os seguintes parâmetros:

$$\begin{aligned} \Delta X &= 80,80 \\ \Delta Y &= 14,81 \\ \Delta Z &= 44,01 \end{aligned}$$

Visando a confirmação dos valores encontrados, foi executado outro cálculo com a obtenção direta de  $\Delta \varphi''$ ,  $\Delta \lambda''$  e  $\Delta N$  (metros), respectivamente pelas diferenças de: ( $\varphi \text{ SAD} - \varphi \text{ NWL}$ )  $\lambda \text{ SAD} - \lambda \text{ NWL}$  e  $H \text{ SAD} - H \text{ NWL}$  condicionando-se as equações para cada ponto.

$$\begin{aligned} 1 - \sin \varphi \cos \lambda \Delta X - \sin \varphi \sin \lambda \Delta Y + \cos \varphi \Delta Z = \\ \frac{\mu \Delta \varphi''}{206265} - \sin 2\varphi (a \Delta f + \varphi \Delta a) \end{aligned}$$

FIGURA 1



$$2 - \frac{\text{Sen} \lambda \Delta X + \text{Cos} \lambda \Delta Y}{\Delta \lambda'' \text{ v } \text{Cos} \varphi} = 206265$$

$$3 - \begin{aligned} &\text{Cos} \varphi \text{ Cos} \varphi \Delta X + \text{Cos} \varphi \\ &\text{Sen} \lambda \Delta Y + \text{Sen} \varphi \Delta Z = \\ &\Delta N - \text{Sen}^2 \varphi (a \Delta f + f \Delta a) \\ &+ \Delta a \end{aligned}$$

Aplicando-se o método dos mínimos quadrados ao sistema de 60 equações a 3 incógnitas, obteve-se os valores:

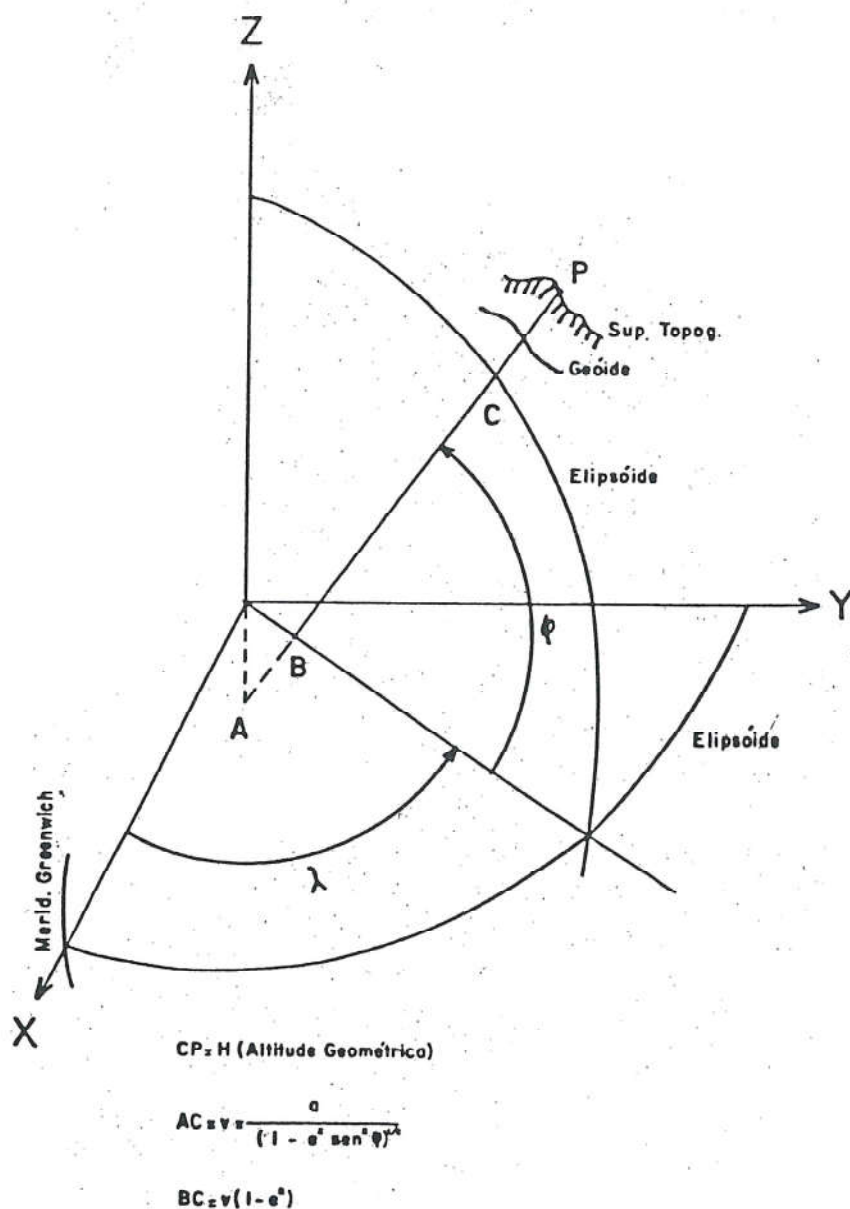
$$\begin{aligned} \Delta X &= 80,80 \\ \Delta Y &= 14,81 \\ \Delta Z &= 44,01 \end{aligned}$$

que são os mesmos obtidos pelo primeiro método.

Determinação dos Parâmetros de Transformação do WGS-72 para SAD-69.

Fazendo a Transformação

## COORDENADAS CARTESIANAS



do NWL para WGS-72, segundo as equações:

$$\begin{aligned}\Delta \varphi'' &= \Delta f \text{ Sen} 2\varphi / \text{Sen} 1'' \\ \Delta \lambda &= 0''.260 \\ \Delta H \text{ (metros)} &= a \Delta f \text{ Sen} 2\varphi - \Delta a - 5.27\end{aligned}$$

e aplicando-se os métodos já citados, obteve-se os parâmetros:

$$\begin{aligned}\Delta X &= 78,64 \\ \Delta \gamma &= 5,87 \\ \Delta Z &= 42,76\end{aligned}$$

Equações de Transformação (Diferenciais de Molodensky)

$$\begin{aligned}\Delta \varphi'' &= \frac{206265}{\mu} [-\Delta X \text{ Sen} \varphi \\ &\quad \text{Cos} \lambda \Delta Y \text{ Sen} \varphi \text{ Sen} \lambda + \Delta Z \text{ Cos} \varphi \\ &\quad + (a \Delta f + \int \Delta a) \text{ Sen} 2\varphi]\end{aligned}$$

$$\Delta \lambda'' = \frac{206265}{\mu} [-\Delta X \text{ Sen} \lambda +$$

$$\begin{aligned}&\Delta \gamma \text{ Cos} \lambda] \\ \Delta N \text{ (metros)} &= \Delta X \text{ Cos} \varphi \text{ Cos} \lambda \\ &+ \Delta \gamma \text{ Cos} \varphi \text{ Sen} \lambda + \Delta Z \text{ Sen} \varphi \\ &+ (a \Delta f + \int \Delta a) \text{ Sen} 2\varphi - \Delta a\end{aligned}$$

$$\varphi_{\text{novo}} = \varphi_{\text{velho}} + \Delta \varphi''$$

$$\lambda_{\text{novo}} = \lambda_{\text{velho}} + \Delta \lambda''$$

$H_{\text{novo}} = H_{\text{velho}} + \Delta N$   
para obtenção da altitude (h),  
fazer:

$$h = H - N$$

Onde:

N cota Geoidal, afastamento geoidal, altura geoidal

H altura Geométrica (altitude da estação em relação ao elipsóide de referência, sobre a normal).

## Resultados obtidos

Reduzindo-se os dados derivados de rastreamento de satélites utilizando os antigos parâmetros:  $\Delta X = 78,48$ ,  $\Delta \gamma = 0,46$  e  $\Delta Z = 47,48$  e fazendo o mesmo com os novos parâmetros  $\Delta X = 80,80$ ,  $\Delta \gamma = 14,81$  e  $\Delta Z = 44,01$  e comparando os valores obtidos com os valores da triangulação, podendo observar que as diferenças nas coordenadas e altitudes demonstram serem bem menores e mais harmônicas quando utiliza-se os novos parâmetros.

Em média, as diferenças encontradas na latitude, longitude e altitude com os velhos parâmetros, nas vinte estações são, respectivamente: 0,172", 0,391" e 7,1 m e, com os novos parâmetros são: 0,081", 0,100 e 2,8m.

No anexo I pode-se observar o comportamento das vinte estações isoladamente.

No anexo II temos a relação das vinte coordenadas transformadas do sistema WGS-72 para o de SAD-69 com os parâmetros calculados em 1974 pelo DMA e que são:  $\Delta X = 77$ ,  $\Delta \gamma = -3$  e  $\Delta Z = 45$ , bem como as transformadas com os parâmetros determinados pelo IBGE e que são:  $\Delta X = 78,64$ ,  $\Delta \gamma = 5,87$  e  $\Delta Z = 42,76$ .

A média das diferenças em latitude, longitude e altitude, utilizando-se os parâmetros do

TABELA DE COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS COM PARÂMETROS VELHOS E NOVOS (TRANSFORMAÇÃO DE WGS PARA SAD)

VELHOS = 78,48      NOVOS = 80,80  
 = 0,46              = 14,81  
 = 47,48              = 44,01

| LATITUDE          |                                                       |                                               | LONGITUDE                                             |                                               |                                                      | ALTITUDE                        |  |
|-------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------|--|
| Número do Vértice | Triangulação<br>Parâmetros Velhos<br>Parâmetros Novos | Diferenças<br>Velhos/Triang.<br>Novos/Triang. | Triangulação<br>Parâmetros Velhos<br>Parâmetros Novos | Diferenças<br>Velhos/Triang.<br>Novos/Triang. | Nivelamento<br>Parâmetros Velhos<br>Parâmetros Novos | Diferenças<br>Novos Nivelamento |  |
| 90052             | 1 2 40,578 S                                          |                                               | 46 46 58,084 W                                        |                                               | 36,64                                                |                                 |  |
|                   | 1 2 40,413 S                                          | 0,165                                         | 46 46 58,500 W                                        | -0,416                                        | 49,24                                                | 12,60                           |  |
|                   | 1 2 40,531 S                                          | 0,047                                         | 46 46 58,127 W                                        | -0,043                                        | 40,44                                                | 3,80                            |  |
| 90053             | 2 59 45,220 S                                         |                                               | 41 45 54,170 W                                        |                                               | 39,13                                                |                                 |  |
|                   | 2 59 45,238 S                                         | -0,018                                        | 41 45 54,747 W                                        | -0,577                                        | 51,09                                                | 11,96                           |  |
|                   | 2 59 45,365 S                                         | -0,145                                        | 41 45 54,350 W                                        | -0,180                                        | 43,45                                                | 4,32                            |  |
| 90094             | 5 13 3,912 S                                          |                                               | 37 18 28,498 W                                        |                                               | 46,48                                                |                                 |  |
|                   | 5 13 3,907 S                                          | 0,005                                         | 37 18 29,063 W                                        | -0,565                                        | 54,54                                                | 8,06                            |  |
|                   | 5 13 4,040 S                                          | -0,128                                        | 37 18 28,647 W                                        | -0,149                                        | 48,03                                                | 1,55                            |  |
| 90051             | 5 48 30,799 S                                         |                                               | 46 07 08,023 W                                        |                                               | 232,36                                               |                                 |  |
|                   | 5 48 30,674 S                                         | 0,125                                         | 46 07 08,491 W                                        | -0,468                                        | 240,45                                               | 8,09                            |  |
|                   | 5 48 30,816 S                                         | -0,017                                        | 46 07 08,113 W                                        | -0,090                                        | 232,12                                               | -0,24                           |  |
| 90054             | 7 51 13,699 S                                         |                                               | 41 15 49,780 W                                        |                                               | 463,23                                               |                                 |  |
|                   | 7 51 13,678 S                                         | 0,021                                         | 41 15 50,269 W                                        | -0,489                                        | 473,15                                               | 9,92                            |  |
|                   | 7 51 13,825 S                                         | -0,126                                        | 41 15 49,867 W                                        | -0,087                                        | 465,98                                               | 2,75                            |  |
| 90095             | 9 46 13,322 S                                         |                                               | 36 23 03,742 W                                        |                                               | 185,48                                               |                                 |  |
|                   | 9 46 13,290 S                                         | 0,032                                         | 36 23 04,340 W                                        | -0,598                                        | 193,73                                               | 8,25                            |  |
|                   | 9 46 13,438 S                                         | -0,116                                        | 36 23 03,916 W                                        | -0,174                                        | 187,77                                               | 2,29                            |  |
| 90050             | 9 55 24,153 S                                         |                                               | 48 43 06,589 W                                        |                                               | 424,69                                               |                                 |  |
|                   | 9 55 24,070 S                                         | 0,083                                         | 48 43 07,004 W                                        | -0,415                                        | 433,93                                               | 9,24                            |  |
|                   | 9 55 24,233 S                                         | -0,080                                        | 48 43 06,636 W                                        | -0,047                                        | 425,41                                               | 0,72                            |  |
| 90092             | 12 04 41,624 S                                        |                                               | 44 59 57,178 W                                        |                                               | 737,36                                               |                                 |  |
|                   | 12 04 41,524 S                                        | 0,100                                         | 44 59 57,634 W                                        | -0,456                                        | 749,18                                               | 11,82                           |  |
|                   | 12 04 41,692 S                                        | -0,068                                        | 44 59 57,244 W                                        | -0,066                                        | 741,59                                               | 4,23                            |  |
| 90013             | 13 40 40,622 S                                        | 0,344                                         | 59 43 43,895 W                                        | 0,052                                         | 673,79                                               |                                 |  |
|                   | 13 40 40,278 S                                        |                                               | 59 43 43,947 W                                        |                                               | 676,12                                               | 2,23                            |  |
|                   | 13 40 40,474 S                                        | 0,148                                         | 59 43 43,639 W                                        | 0,256                                         | 666,03                                               | -7,76                           |  |
| 90049             | 14 34 34,224 S                                        |                                               | 49 04 56,985 W                                        |                                               | 543,77                                               |                                 |  |
|                   | 14 34 34,038 S                                        | 0,186                                         | 49 04 57,229 W                                        | -0,244                                        | 551,48                                               | 7,71                            |  |
|                   | 14 34 34,223 S                                        | 0,001                                         | 49 04 56,956 W                                        | -0,129                                        | 543,33                                               | -0,44                           |  |
| 90055             | 14 46 50,280 S                                        |                                               | 39 05 30,328 W                                        |                                               | 122,46                                               |                                 |  |
|                   | 14 46 50,164 S                                        | 0,116                                         | 39 05 30,873 W                                        | -0,545                                        | 129,61                                               | 7,15                            |  |
|                   | 14 46 50,333 S                                        | -0,053                                        | 39 05 30,452 W                                        | -0,124                                        | 123,49                                               | 1,03                            |  |
| 90068             | 16 02 55,192 S                                        |                                               | 52 10 03,452 W                                        |                                               | 394,08                                               |                                 |  |
|                   | 16 02 54,927 S                                        | 0,265                                         | 52 10 03,755 W                                        | -0,303                                        | 399,19                                               | 5,11                            |  |
|                   | 16 02 55,124 S                                        | 0,068                                         | 52 10 03,397 W                                        | 0,055                                         | 390,62                                               | -3,46                           |  |
| 90027             | 16 04 28,220 S                                        |                                               | 57 40 05,649 W                                        |                                               | 119,51                                               |                                 |  |
|                   | 16 04 27,982 S                                        | 0,238                                         | 57 40 05,811 W                                        | -0,162                                        | 122,79                                               | 3,28                            |  |
|                   | 16 04 28,189 S                                        | 0,031                                         | 57 40 05,486 W                                        | 0,163                                         | 133,30                                               | -6,21                           |  |

TABELA DE COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS COM PARÂMETROS VELHOS E NOVOS (TRANSFORMAÇÃO DE WGS PARA SAD)

VELHOS = 78,48  
= 0,46  
= 47,48

NOVOS = 80,80  
= 14,81  
= 44,01

| LATITUDE          |                                                       |                                               | LONGITUDE                                             |                                               |                                                      | ALTITUDE                                              |  |
|-------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--|
| Número do Vértice | Triangulação<br>Parâmetros Velhos<br>Parâmetros Novos | Diferenças<br>Velhos/Triang.<br>Novos/Triang. | Triangulação<br>Parâmetros Velhos<br>Parâmetros Novos | Diferenças<br>Velhos/Triang.<br>Novos/Triang. | Nivelamento<br>Parâmetros Velhos<br>Parâmetros Novos | Diferenças<br>Velhos Nivelamento<br>Novos Nivelamento |  |
| 90048             | 17 33 11,104 S                                        |                                               | 44 41 21,382 W                                        |                                               | 503,57                                               |                                                       |  |
|                   | 17 33 10,944 S                                        | 0,160                                         | 44 41 21,757 W                                        | -0,375                                        | 509,36                                               | 5,79                                                  |  |
|                   | 17 33 11,135 S                                        | -0,031                                        | 44 41 21,356 W                                        | 0,026                                         | 502,36                                               | -1,21                                                 |  |
| 90093             | 18 14 07,548 S                                        |                                               | 49 21 14,395 W                                        |                                               | 793,14                                               |                                                       |  |
|                   | 18 14 07,414 S                                        | 0,134                                         | 49 21 14,708 W                                        | -0,313                                        | 797,81                                               | 4,67                                                  |  |
|                   | 18 14 07,617 S                                        | -0,069                                        | 49 21 14,330 W                                        | 0,065                                         | 789,99                                               | -3,15                                                 |  |
| 90056             | 20 09 45,099 S                                        |                                               | 40 11 45,475 W                                        |                                               | 20,66                                                |                                                       |  |
|                   | 20 09 44,853 S                                        | 0,246                                         | 40 11 45,984 W                                        | -0,509                                        | 24,69                                                | 4,03                                                  |  |
|                   | 20 09 45,043 S                                        | 0,056                                         | 40 11 45,555 W                                        | -0,080                                        | 18,86                                                | -1,80                                                 |  |
| 90014             | 20 29 0,408 S                                         |                                               | 54 47 13,728 W                                        |                                               | 528,41                                               |                                                       |  |
|                   | 20 29 0,264 S                                         | 0,144                                         | 54 47 13,898 W                                        | -0,170                                        | 531,89                                               | 3,48                                                  |  |
|                   | 20 29 0,488 S                                         | -0,080                                        | 54 47 13,547 W                                        | 0,181                                         | 523,37                                               | -5,04                                                 |  |
| 90057             | 21 55 50,340 S                                        |                                               | 47 02 48,017 W                                        |                                               | 716,87                                               |                                                       |  |
|                   | 21 55 50,064 S                                        | 0,276                                         | 47 02 48,357 W                                        | -0,340                                        | 724,60                                               | 7,73                                                  |  |
|                   | 21 55 50,277 S                                        | 0,063                                         | 47 02 47,958 W                                        | 0,059                                         | 717,62                                               | 0,75                                                  |  |
| 90069             | 25 13 04,848 S                                        |                                               | 49 05 55,585 W                                        |                                               | 1041,61                                              |                                                       |  |
|                   | 25 13 04,499 S                                        | 0,349                                         | 49 05 55,990 W                                        | -0,405                                        | 1049,29                                              | 7,68                                                  |  |
|                   | 25 13 04,730 S                                        | 0,118                                         | 49 05 55,592 W                                        | -0,007                                        | 1042,33                                              | 0,72                                                  |  |
| 90070             | 29 52 52,122 S                                        |                                               | 51 14 48,484 W                                        |                                               | 1,56                                                 |                                                       |  |
|                   | 29 52 51,695 S                                        | 0,427                                         | 51 14 48,898 W                                        | -0,414                                        | 4,11                                                 | 2,55                                                  |  |
|                   | 29 52 51,951 S                                        | 0,171                                         | 51 14 48,496 W                                        | -0,012                                        | -2,59                                                | -4,15                                                 |  |

TABELA DE COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS COM PARÂMETROS VELHOS E NOVOS

(TRANSFORMAÇÃO DE WGS PARA SAD)

VELHOS = 77,00  
= -3,00  
= 45,00

NOVOS = 78,64  
= 5,87  
= 42,76

| LATITUDE          |                                                       |                                               | LONGITUDE                                             |                                               | ALTITUDE                                             |                                                       |
|-------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Número do Vértice | Triangulação<br>Parâmetros Velhos<br>Parâmetros Novos | Diferenças<br>Velhos/Triang.<br>Novos/Triang. | Triangulação<br>Parâmetros Velhos<br>Parâmetros Novos | Diferenças<br>Velhos/Triang.<br>Novos/Triang. | Nivelamento<br>Parâmetros Velhos<br>Parâmetros Novos | Diferenças<br>Velhos Nivelamento<br>Novos Nivelamento |
| 90052             | 1 2 40,578 S                                          |                                               | 46 46 58,084 W                                        |                                               | 36,64                                                |                                                       |
|                   | 1 2 40,494 S                                          | 0,084                                         | 46 46 58,351 W                                        | -0,267                                        | 45,52                                                | 8,88                                                  |
|                   | 1 2 40,570 S                                          | 0,008                                         | 46 46 58,116 W                                        | -0,032                                        | 40,22                                                | 3,58                                                  |
| 90053             | 2 59 45,220 S                                         |                                               | 41 45 54,170 W                                        |                                               | 39,13                                                |                                                       |
|                   | 2 59 45,319 S                                         | -0,099                                        | 41 45 54,602 W                                        | -0,432                                        | 47,15                                                | 8,02                                                  |
|                   | 2 59 45,399 S                                         | -0,179                                        | 41 45 54,352 W                                        | -0,182                                        | 42,59                                                | 3,46                                                  |
| 90094             | 5 13 03,912 S                                         |                                               | 37 18 28,498 W                                        |                                               | 46,48                                                |                                                       |
|                   | 5 13 03,989 S                                         | -0,077                                        | 37 18 28,922 W                                        | -0,424                                        | 50,41                                                | 3,93                                                  |
|                   | 5,13 04,074;S                                         | -0,162                                        | 37 18 28,661 W                                        | -0,163                                        | 46,55                                                | 0,07                                                  |

TABELA DE COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS COM PARÂMETROS VELHOS E NOVOS  
(TRANSFORMAÇÃO DE WGS PARA SAD)VELHOS = 77,00  
= -3,00  
= 45,00NOVOS = 78,64  
= 5,87  
42,76

| Número do Vértice | LATITUDE                                              |                                               | LONGITUDE                                             |                                               | ALTITUDE                                             |                                                       |
|-------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|                   | Triangulação<br>Parâmetros Velhos<br>Parâmetros Novos | Diferenças<br>Velhos/Triang.<br>Novos/Triang. | Triangulação<br>Parâmetros Velhos<br>Parâmetros Novos | Diferenças<br>Velhos/Triang.<br>Novos/Triang. | Nivelamento<br>Parâmetros Velhos<br>Parâmetros Novos | Diferenças<br>Velhos Nivelamento<br>Novos Nivelamento |
| 90051             | 5 48 30,799 S                                         |                                               | 46 07 08,023 W                                        |                                               | 232,36                                               |                                                       |
|                   | 5 48 30,755 S                                         | 0,044                                         | 46 07 08,344 W                                        | -0,321                                        | 236,89                                               | 4,53                                                  |
|                   | 5 48 30,845 S                                         | -0,046                                        | 46 07 08,105 W                                        | -0,082                                        | 231,89                                               | -0,47                                                 |
| 90054             | 7 51 13,699 S                                         |                                               | 41 15 49,780 W                                        |                                               | 463,23                                               |                                                       |
|                   | 7 51 13,750 S                                         | -0,051                                        | 41 15 50,126 W                                        | -0,346                                        | 469,38                                               | 6,15                                                  |
|                   | 7 51 13,843 S                                         | -0,144                                        | 41 15 49,873 W                                        | -0,093                                        | 465,11                                               | 1,88                                                  |
| 90095             | 9 46 13,322 S                                         |                                               | 36 23 03,742 W                                        |                                               | 185,48                                               |                                                       |
|                   | 9 46 13,363 S                                         | -0,041                                        | 36 23 04,200 W                                        | -0,458                                        | 189,73                                               | 4,25                                                  |
|                   | 9 46 13,457 S                                         | -0,135                                        | 36 23 03,934 W                                        | -0,192                                        | 186,23                                               | 0,75                                                  |
| 90050             | 9 55 24,153 S                                         |                                               | 48 43 06,589 W                                        |                                               | 424,69                                               |                                                       |
|                   | 9 55 24,139 S                                         | 0,014                                         | 48 43 06,855 W                                        | -0,266                                        | 430,69                                               | 6,00                                                  |
|                   | 9 55 24,242 S                                         | -0,089                                        | 48 43 06,623 W                                        | -0,034                                        | 425,58                                               | 0,89                                                  |
| 90092             | 12 04 41,624 S                                        |                                               | 44 59 57,178 W                                        |                                               | 737,36                                               |                                                       |
|                   | 12 04 41,593 S                                        | 0,031                                         | 44 59 57,490 W                                        | -0,312                                        | 745,80                                               | 8,44                                                  |
|                   | 12 04 41,700 S                                        | -0,076                                        | 44 59 57,244 W                                        | -0,066                                        | 741,27                                               | 3,91                                                  |
| 90013             | 13 40 40,622 S                                        |                                               | 59 43 43,895 W                                        |                                               | 673,79                                               |                                                       |
|                   | 13 40 40,341 S                                        | 0,281                                         | 59 43 43,787 W                                        | 0,108                                         | 673,61                                               | -0,18                                                 |
|                   | 13 40 40,464 S                                        | 0,158                                         | 59 43 43,591 W                                        | 0,304                                         | 667,50                                               | -6,29                                                 |
| 90049             | 14 34 34,224 S                                        |                                               | 49 04 56,985 W                                        |                                               | 543,77                                               |                                                       |
|                   | 14 34 34,104 S                                        | 0,120                                         | 49 04 57,082 W                                        | -0,097                                        | 548,43                                               | 4,66                                                  |
|                   | 14 34 34,221 S                                        | 0,003                                         | 49 04 56,846 W                                        | 0,139                                         | 543,54                                               | -0,23                                                 |
| 90055             | 14 46 50,280 S                                        |                                               | 39 05 30,328 W                                        |                                               | 122,46                                               |                                                       |
|                   | 14 46 50,235 S                                        | 0,045                                         | 39 05 30,734 W                                        | -0,406                                        | 125,97                                               | 3,51                                                  |
|                   | 14 46 50,342 S                                        | -0,062                                        | 39 05 30,469 W                                        | -0,141                                        | 122,37                                               | -0,09                                                 |
| 90068             | 16 02 55,192 S                                        |                                               | 52 10 03,452 W                                        |                                               | 394,08                                               |                                                       |
|                   | 16 02 54,991 S                                        | 0,201                                         | 52 10 03,606 W                                        | -0,154                                        | 396,36                                               | 2,28                                                  |
|                   | 16 02 55,115 S                                        | 0,077                                         | 52 10 03,379 W                                        | 0,073                                         | 391,22                                               | -2,86                                                 |
| 90027             | 16 04 28,220 S                                        |                                               | 57 40 05,649 W                                        |                                               | 119,51                                               |                                                       |
|                   | 16 04 28,043 S                                        | 0,177                                         | 57 40 05,655 W                                        | -0,006                                        | 120,27                                               | -0,76                                                 |
|                   | 16 04 28,173 S                                        | 0,047                                         | 57 40 05,449 W                                        | 0,200                                         | 114,53                                               | -4,98                                                 |
| 90048             | 17 33 11,104 S                                        |                                               | 44 41 21,382 W                                        |                                               | 503,57                                               |                                                       |
|                   | 17 33 11,012 S                                        | 0,092                                         | 44 41 21,616 W                                        | -0,234                                        | 506,15                                               | 2,58                                                  |
|                   | 17 33 11,131 S                                        | -0,027                                        | 44 41 21,363 W                                        | 0,019                                         | 501,99                                               | -1,58                                                 |
| 90093             | 18 14 07,548 S                                        |                                               | 49 21 14,395 W                                        |                                               | 793,14                                               |                                                       |
|                   | 18 14 07,482 S                                        | 0,066                                         | 49 21 14,558 W                                        | -0,163                                        | 794,90                                               | 1,76                                                  |
|                   | 18 14 07,609 S                                        | -0,061                                        | 49 21 14,319 W                                        | 0,076                                         | 790,22                                               | -2,92                                                 |
| 90056             | 20 09 45,099 S                                        |                                               | 40 11 45,475 W                                        |                                               | 20,66                                                |                                                       |
|                   | 20 09 44,912 S                                        | 0,187                                         | 40 11 45,848 W                                        | -0,373                                        | 21,31                                                | 0,65                                                  |
|                   | 20 09 45,031 S                                        | 0,068                                         | 40 11 45,578 W                                        | -0,103                                        | 17,89                                                | -2,77                                                 |

TABELA DE COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS COM PARÂMETROS VELHOS E NOVOS  
(TRANSFORMAÇÃO DE WGS PARA SAD)

VELHOS = 77,00  
= -3,00  
= 45,00

NOVOS = 78,64  
= 5,87  
42,76

| Número do Vértice | LATITUDE                                              |                                               |  | LONGITUDE                                             |                                               |  | ALTITUDE                                             |                                                       |
|-------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|                   | Triangulação<br>Parâmetros Velhos<br>Parâmetros Novos | Diferenças<br>Velhos/Triang.<br>Novos/Triang. |  | Triangulação<br>Parâmetros Velhos<br>Parâmetros Novos | Diferenças<br>Velhos/Triang.<br>Novos/Triang. |  | Nivelamento<br>Parâmetros Velhos<br>Parâmetros Novos | Diferenças<br>Velhos Nivelamento<br>Novos Nivelamento |
| 90014             | 20 29 0,408 S                                         |                                               |  | 54 47 13,728 W                                        |                                               |  | 528,41                                               |                                                       |
|                   | 20 29 0,313 S                                         | 0,095                                         |  | 54 47 13,749 W                                        | -0,021                                        |  | 529,34                                               | 0,93                                                  |
|                   | 20 29 0,453 S                                         | -0,045                                        |  | 54 47 13,526 W                                        | 0,202                                         |  | 524,22                                               | -4,19                                                 |
| 90057             | 21 55 50,340 S                                        |                                               |  | 47 02 48,017 W                                        |                                               |  | 716,87                                               |                                                       |
|                   | 21 55 50,117 S                                        | 0,223                                         |  | 47 02 48,217 W                                        | -0,200                                        |  | 721,67                                               | 4,80                                                  |
|                   | 21 55 50,250 S                                        | 0,090                                         |  | 47 02 47,965 W                                        | 0,052                                         |  | 717,52                                               | 0,65                                                  |
| 90069             | 25 13 04,848 S                                        |                                               |  | 49 05 55,585 W                                        |                                               |  | 1041,61                                              |                                                       |
|                   | 25 13 04,548 S                                        | 0,300                                         |  | 49 05 55,851 W                                        | -0,266                                        |  | 1046,57                                              | 4,96                                                  |
|                   | 25 13 04,691 S                                        | 0,157                                         |  | 49 05 55,599 W                                        | -0,014                                        |  | 1042,43                                              | 0,82                                                  |
| 90070             | 29 52 52,122 S                                        |                                               |  | 51 14 48,484 W                                        |                                               |  | 1,56                                                 |                                                       |
|                   | 29 52 51,738 S                                        | 0,384                                         |  | 51 14 48,762 W                                        | -0,278                                        |  | 1,62                                                 | 0,06                                                  |
|                   | 29 52 51,896 S                                        | 0,226                                         |  | 51 14 48,508 W                                        | -0,024                                        |  | -2,36                                                | -3,92                                                 |

DMA são: 0,131", 0,257" e 3,9m, enquanto que aplicando-se os parâmetros do IBGE essa

média é: 0,093", 0,110" e 2,3m. No anexo III foi feita uma comparação entre distâncias,

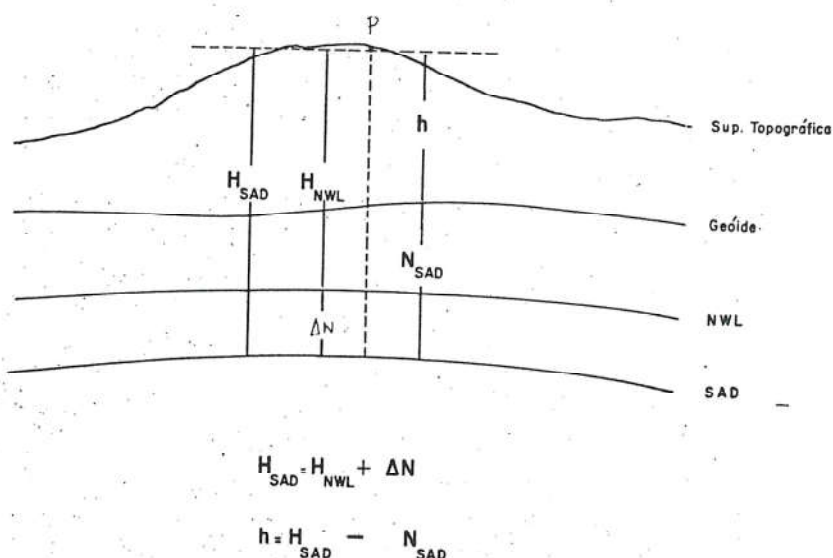
em corda, de pontos de triangulação e estações Doppler. De um modo geral a diferença relativa foi de qualidade superior a 1:300.000.

### Conclusão

Os estudos e resultados, ora apresentados, não significam uma palavra definitiva sobre a matéria focalizada. Significa um esforço para o refinamento de resultados nas estações onde as coordenadas foram derivadas de rastreamento de satélites e que devem manter a compatibilidade com a Rede Fundamental do Brasil.

O IBGE intensifica seu programa de trabalho e, assim sendo, proporcionará mais dados que serão de grande valia à pesquisa, mormente no que diz respeito a carta geoidal, sabidamente, muito falha.

FIGURA 3



Obs.: A ALTITUDE (h) ESTÁ REFERIDA AO CENTRO ELÉTRICO DA ANTENA.

REDUZ-SE AO MARCO SUBTRAINDO-SE A ALTURA EFETIVA DO CENTRO ELÉTRICO DO MARCO.

QUADRO COMPARATIVO DAS DISTÂNCIAS

| Nº das Estações de para | DISTÂNCIA               |                    | DIFERENÇAS |           |
|-------------------------|-------------------------|--------------------|------------|-----------|
|                         | Triangulação SAD-69 (1) | Doppler SAD-69 (2) | Absoluta   | Relativa  |
| 90048-90052             | 1833959,849             | 1833962,460        | 2,611      | 1: 702306 |
| 90048-90053             | 1637110,479             | 1637105,863        | -4,615     | 1: 354703 |
| 90048-90094             | 1579703,117             | 1579697,876        | -5,240     | 1: 301417 |
| 90048-90051             | 1306257,865             | 1306258,704        | 0,839      | 1:1555736 |
| 90048-90054             | 1134110,882             | 1134107,017        | -3,865     | 1: 293400 |
| 90048-90095             | 1241961,604             | 1241955,440        | -6,163     | 1: 201490 |
| 90048-90050             | 948998,126              | 948997,781         | -0,344     | 1:2754072 |
| 90048-90092             | 606527,319              | 606526,336         | -0,982     | 1: 617186 |
| 90048-90013             | 1663544,751             | 1663539,707        | -5,044     | 1: 329801 |
| 90048-90049             | 573806,163              | 573804,215         | -1,948     | 1: 294511 |
| 90048-90055             | 672309,924              | 672305,626         | -4,298     | 1: 156414 |
| 90048-90068             | 813807,982              | 813807,785         | -0,197     | 1:4114110 |
| 90048-90027             | 1390091,770             | 1390087,989        | -3,780     | 1: 367675 |
| 90048-90093             | 499955,491              | 499954,495         | -0,995     | 1: 502106 |
| 90048-90036             | 554446,072              | 554442,043         | -4,028     | 1: 137620 |
| 90048-90014             | 1109892,387             | 1109888,413        | -3,973     | 1: 279316 |
| 90048-90057             | 543812,669              | 543809,663         | -3,005     | 1: 180938 |
| 90048-90069             | 962989,446              | 962985,889         | -3,556     | 1: 270785 |
| 90048-90070             | 1515892,555             | 1515887,526        | -5,029     | 1: 301426 |

Obs:

- (1) cálculo do comprimento da corda entre vértices de triangulação ajustados ao SAD-69.
- (2) cálculo do comprimento da corda entre estações Doppler observadas sobre esses mesmos vértices de triangulação, reduzidas ao SAD-69 utilizando-se os novos parâmetros CFAK 78.

## Descrição dos termos usados nas equações

$v$  - Raio de curvatura do primeiro vertical (em metros) =

$$= \frac{a}{(1 - e^2 \operatorname{Sen}^2 \varphi)^{1/2}}$$

$a$  — Semi-eixo maior (em metros)

$e^2$  — Primeira excentricidade  
 $= f(2 - f)$

$f$  — Elipsidade (achatamento)

$\mu$  — Raio de curvatura do meridiano (em metros) =

$$= \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 \operatorname{Sen}^2 \varphi)^{3/2}}$$

$$\Delta f = f \text{ "novo"} - f \text{ "velho"}$$

$$\Delta a = a \text{ "novo"} - a \text{ "velho"}$$

## Dimensões dos elipsóides

$$\text{SAD } a = 6\,378\,160 \text{ f} = 1/298,25$$

$$\text{NWL } A = 6\,378\,145 \text{ f} = 1/298,25$$

$$\text{WGS } a = 6\,378\,135 \text{ f} = 1/298,26$$