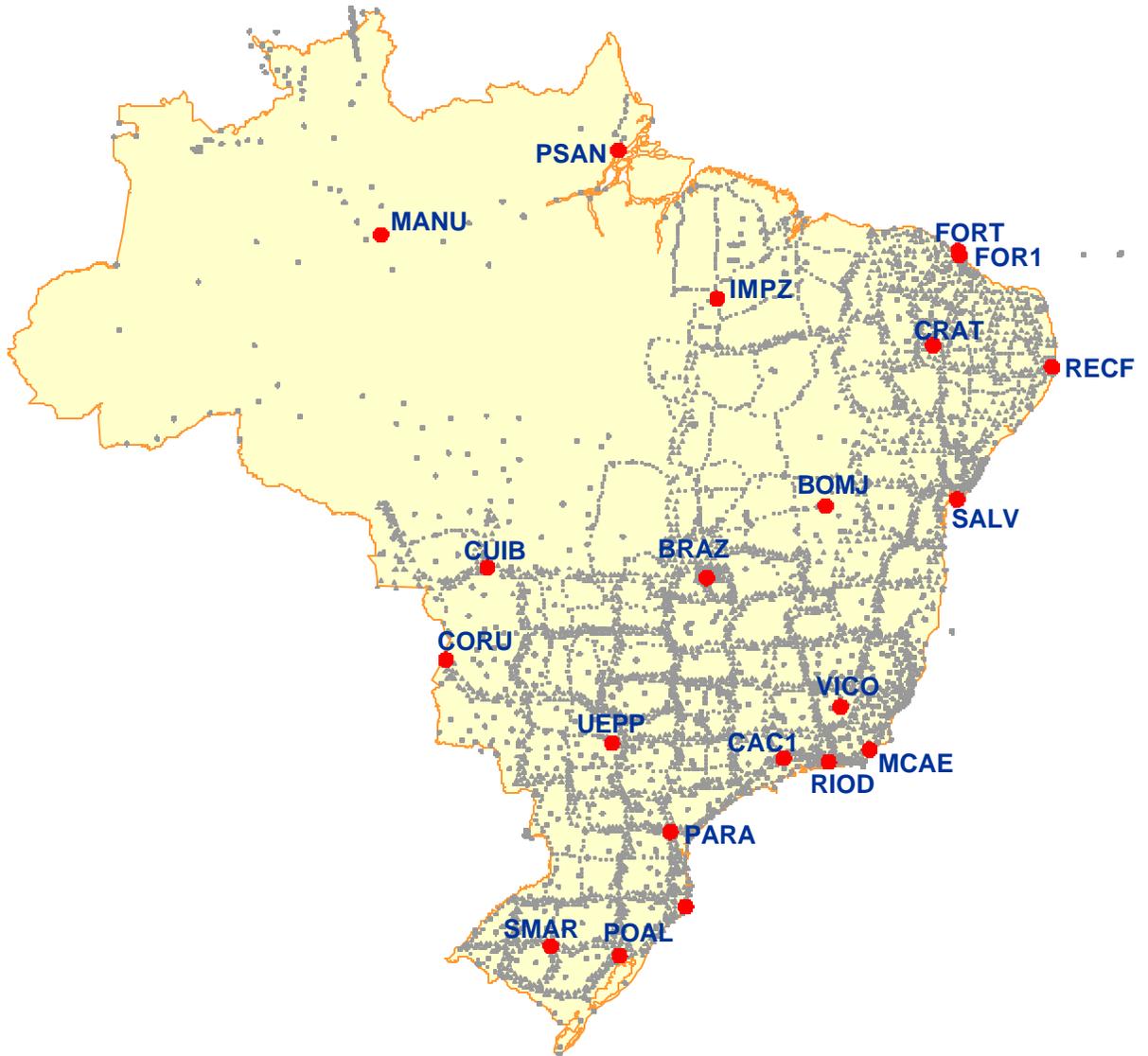


## Ajustamento da Rede Planimétrica Brasileira em SIRGAS2000



Junho 2006

## 1. INTRODUÇÃO

Este relatório tem por objetivo informar sobre as atividades relativas ao ajustamento da Rede Planimétrica Brasileira no Referencial SIRGAS2000 [IBGE, 2006], incluindo os avanços realizados desde o ajuste em 1996.

A proposta do IBGE para mudança do referencial foi motivada pelo uso expressivo da tecnologia GPS nas atividades de posicionamento de um modo geral e a adoção de um referencial geocêntrico. Visando promover um amplo debate do tema com a sociedade brasileira e atendendo uma resolução oriunda do Congresso Brasileiro de Cartografia de 1999, o IBGE realizou no ano 2000, o *Primeiro Seminário para a Adoção de um Referencial Geocêntrico no Brasil*, quando foi criado o Projeto Mudança do Referencial Geodésico – PMRG [IBGE, 2006A]. Em decorrência da proposta de adoção do SIRGAS2000 como sistema geodésico de referência do país, o IBGE efetuou o ajustamento da Rede Planimétrica Brasileira neste novo sistema, tendo incluído todas as observações e estações adicionadas após 1996.

Seguindo a recomendação do Grupo de Trabalho 2 - GT2 do PMRG, este ajustamento foi realizado de forma que a rede brasileira correspondesse a uma densificação da rede continental SIRGAS2000 no Brasil. A rede continental SIRGAS2000 foi estabelecida durante a segunda campanha GPS do Projeto SIRGAS, durante 10 dias em maio de 2000. Esta rede possui 184 estações estabelecidas em países das três Américas. No caso do Brasil, 21 estações participaram desta campanha continental.

Visando obter uma solução SIRGAS2000 para a rede planimétrica brasileira, o ajustamento foi injuncionado às 21 estações SIRGAS2000 contidas no território nacional. Seguindo outra recomendação do GT2, a época de referência das coordenadas ajustadas é 2000,4 [IBGE, 2006B].

## 2. HISTÓRICO

No ano de 1996, foi concluído o ajustamento da Rede Planimétrica Brasileira em SAD 69. Os dados e metodologia adotados neste ajustamento constam do Relatório do Ajustamento da Rede Planimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro [IBGE, 1996]. Esta foi à primeira vez que o IBGE realizava o ajustamento da rede planimétrica de forma global, uma vez que os ajustamentos anteriores foram realizados de forma parcial. Participaram do ajustamento de 1996 um total de **4760** estações pertencentes à Rede Clássica (vértices de triangulação - VT e estações de poligonal - EP), **187** estações GPS, das quais 49 coincidentes com estações da Rede Clássica, e **179** estações Doppler, coincidentes com VTs, EPs e pertencentes à Rede de translocação na Amazônia (15 estações). Estes resultados foram disponibilizados em setembro de 1996 através do Banco de Dados Geodésicos - BDG.

Com respeito à ponderação atribuída às observações clássicas, foram adotados valores relacionados à metodologia e instrumental usado [IBGE, 1983], conforme TABELA 1. Informações complementares sobre as observações da Rede Clássica podem ser encontradas em IBGE, 1996.

Tabela 1: Ponderações adotadas para as observações da Rede Clássica.

| Observação          | Desvio Padrão   |
|---------------------|-----------------|
| Direção horizontal  | 3ppm (0.61879") |
| Distância           | 1ppm (1 cm)     |
| Azimute astronômico | 1ppm (0.20626") |

A Rede São Paulo foi à única Rede GPS estadual que participou do ajustamento de 1996 e as estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS - RBMC [FORTES, 1997] presentes foram FORT (92009), UEPP (91559), BRAZ (91200), PARA (91105). A Estação SIRGAS Cachoeira Paulista - CACH (91682), pertencente à realização SIRGAS95 [IBGE, 1997], foi destruída no ano 2000, antes da campanha SIRGAS2000. Todos os resultados dos projetos GPS incluídos no ajuste de 1996 foram obtidos com o software TRIMVEC usando-se efemérides transmitidas. Naquela época também não eram utilizados no processamento os valores relativos à variação do centro de fase das antenas dos receptores GPS. A variância a posteriori do ajustamento final com **4939** estações foi de 1.493 [IBGE,1996].

### **3. REDES GPS**

Considerando que os levantamentos clássicos cessaram no final da década de 80, a Rede Planimétrica passou a ser densificada com levantamentos GPS após a aquisição de quatro receptores geodésicos no início de 1991. No período de 1996 a 2006, a Rede Planimétrica foi densificada com **1413** estações GPS. Esta densificação foi, em parte, incrementada pelo estabelecimento das Redes GPS Estaduais, sendo elas:

- Rede São Paulo (ano 1992 e 1994)
- Rede Paraná (ano 1995)
- Rede Santa Catarina (ano 1998)
- Rede Espírito Santo (ano 1999)
- Rede Mato Grosso (ano 1999)
- Rede Rio de Janeiro (ano 2000)
- Rede Minas Gerais (ano 2001)
- Rede Rio Grande do Sul (ano 2002)
- Rede Mato Grosso do Sul (ano 2002)
- Rede Bahia (ano 2003)
- Rede Ceará (ano 2004)

As observações GPS sofreram tratamento diferenciado ao longo dos 15 anos de atividades com o uso da tecnologia GPS. De 1991 a 1995 as observações GPS foram processadas no software TRIMVEC e eram utilizadas efemérides transmitidas. As soluções finais em SAD 69 eram obtidas através de parâmetros de transformações publicados na Resolução da Presidência do IBGE nº 23/89.

Em 1997, com a aquisição do software Bernese [HUGENTOBLE, 2005], alguns projetos GPS que participaram do ajustamento de 1996 foram reprocessados com efemérides precisas. Estes projetos são: FERNOR, ILHAS OCEÂNICAS (ATOL, PENEDO, ABROLHOS), AMAPA, REDESP, REDESP2 (Rede São Paulo).

As demais campanhas não tiveram condições de reprocessamento devido à indisponibilidade das observações ou inexistência de efemérides precisas para época das observações (como é o caso das campanhas EPOCH92, GIG91, ION91 e ION92).

Atualmente (junho de 2006), a rede GPS possui 1600 estações. Os novos projetos GPS incorporados na Rede Planimétrica desde 1996 foram processados no software Bernese (versão 4.0, 4.2 ou 5.0) com efemérides precisas do IGS (International GNSS Service) [IGS, 2006].

As redes GPS estaduais que constam no ajustamento SIRGAS2000 são listadas na Tabela 2. A primeira coluna da Tabela 2 apresenta a denominação utilizada para o projeto da rede estadual e a segunda coluna apresenta a variância a posteriori obtida após o ajustamento fixando somente uma estação.

Tabela 2: Redes GPS Estaduais.

| Projetos                        | Variância a posteriori ( $\hat{S}_0^2$ ) <sup>1</sup> do ajustamento com injeção mínima | Observação                                                |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 1. REDERGS (Rio Grande do Sul)  | 202.6                                                                                   |                                                           |
| 2. SANCATAR (Santa Catarina)    | 67.71                                                                                   |                                                           |
| 3. Parana95 (Paraná)            | 117.0                                                                                   |                                                           |
| 4. REDESP / REDESP2 (São Paulo) | 437.8                                                                                   |                                                           |
| 5. REDERIO (Rio de Janeiro)     | 1081.00                                                                                 |                                                           |
| 6. ESPSANTO (Espírito Santo)    | 638.00                                                                                  |                                                           |
| 7. REDEMINAS (Minas Gerais)     | 324.9                                                                                   |                                                           |
| 8. MATOGROSSO (Mato Grosso)     | 282.2                                                                                   |                                                           |
| 9. Atividade Solar              | 377.3                                                                                   |                                                           |
| 10. SMAR (RBMC)                 | 178.69                                                                                  | Possui todas estações da RBMC com exceção de BOMJ e MANA. |
| 11. REDEBA (Bahia)              | 256.0                                                                                   |                                                           |
| 12. REDE_CE (Ceará)             | 226.6                                                                                   |                                                           |

Algumas campanhas GPS foram retiradas do ajuste pois foram substituídas por outras campanhas com um período maior de observações ou com observações que puderam ser processadas no software Bernese. As campanhas ou substituídas no ajustamento são apresentadas na Tabela 3. O projeto SMAR consiste no processamento da estação FERRAZ na Antártica, estação NEIA (marégrafo de Cananéia-SP), nova estação de Cachoeira Paulista (SIRGAS2000), estações IGS na América do Sul e todas as estações da RBMC em operação nos primeiros 40 dias do ano 2002.

Tabela 3: Campanhas GPS substituídas no ajuste SIRGAS.

| PROJETO       | OBSERVAÇÕES                                                                                             |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PSAN          | Substituída pela campanha SMAR                                                                          |
| CAC1          | Substituída pela campanha SMAR                                                                          |
| RBMC_SALV     | Substituída pela campanha SMAR                                                                          |
| RBMC_RECF     | Substituída pela campanha SMAR                                                                          |
| POAL_99       | Substituída pela campanha SMAR                                                                          |
| CANANEIA/FERR | Substituída pela campanha SMAR                                                                          |
| RBMCIMPZ      | Substituída pela campanha SMAR                                                                          |
| CALIVICO      | Substituída por outra campanha                                                                          |
| S&C-PARANA    | Foi constatada uma conexão com a estação da rede Paraná 91642. Sendo assim, a 93619 foi excluída do BDG |
| ES-GRAVI      | Substituída pela campanha                                                                               |

<sup>1</sup>  $\hat{S}_0^2$  (variância a posteriori)

Os resultados das campanhas GPS obtidos pelo processamento com o software OMNI do USNGS (United States - National Geodetic Survey) foram substituídos pelos resultados com o software Bernese.

As observações GPS utilizadas no ajustamento correspondem às componentes das linhas de base oriundas do processamento GPS. Estas observações são introduzidas no ajustamento da seguinte forma:

- (a) Conversão dos resultados (componentes das linhas de base e matriz variância-covariância – MVC- correspondente) obtidos no software Bernese para o formato de entrada no programa GHOST,
- (b) Ajustamento da campanha no software GHOST com injeção mínima, ou seja, fixando as coordenadas de uma estação,
- (c) A variância a posteriori obtida no ajustamento do item b é introduzida como fator multiplicador da MVC na etapa seguinte do ajuste. Este procedimento tem como objetivo fornecer resultados mais realísticos para a estimativa de precisão das coordenadas ajustadas (desvios padrão). Este foi o mesmo procedimento seguido no ajustamento de 1996.

Não existe distinção no tratamento das observações GPS das estações de Redes GPS Estaduais e as demais estações GPS, ou seja, não existe uma ponderação que venha diferenciar as observações em função da metodologia de observação (tais como: intervalo de rastreamento, tempo de rastreamento e quantidade de sessões), do instrumental, efemérides (precisas ou transmitidas) e software utilizado.

#### **4. ESTAÇÕES PARTICIPANTES DO AJUSTE DE 2006**

As seguintes estações geodésicas foram incluídas no ajuste da Rede Planimétrica Brasileira no Sistema SIRGAS2000:

- (1) 4774 estações da Rede Clássica (as mesmas utilizadas no ajuste de 1996);
- (2) 1600 estações da Rede GPS;
- (3) 179 Estações DOPPLER (coincidentes com Rede Clássica) e 15 pertencentes à Rede de Translocação na Amazônia (as mesmas utilizadas no ajuste de 1996). As coordenadas das estações DOPPLER que estavam no arquivo do último ajuste em SAD 69 foram transformadas para WGS84 através dos parâmetros de transformação disponíveis na R.PR. nº 23/89 [IBGE, 1989];
- (4) 125 estações GPS (coincidentes com Rede Clássica); 4 foram rejeitadas devido a problemas encontrados entre as observações GPS e as observações da Rede Clássica. A Figura 1 identifica as conexões entre as Redes Clássica e GPS. O ANEXO A contém a relação das estações de conexão;
- (5) Foram ajustadas 6265 estações no total (Redes GPS e Clássica).

A Tabela 4 identifica as reocupações das estações da Rede Clássica com GPS que foram realizadas nos anos 2004 e 2005. Nesta tabela são fornecidos o nome do Projeto, o período de medição e o identificador das estações reocupadas.

Figura 1: Conexões entre as Redes Clássica e GPS. Os círculos representam as últimas campanhas realizadas em 2005.

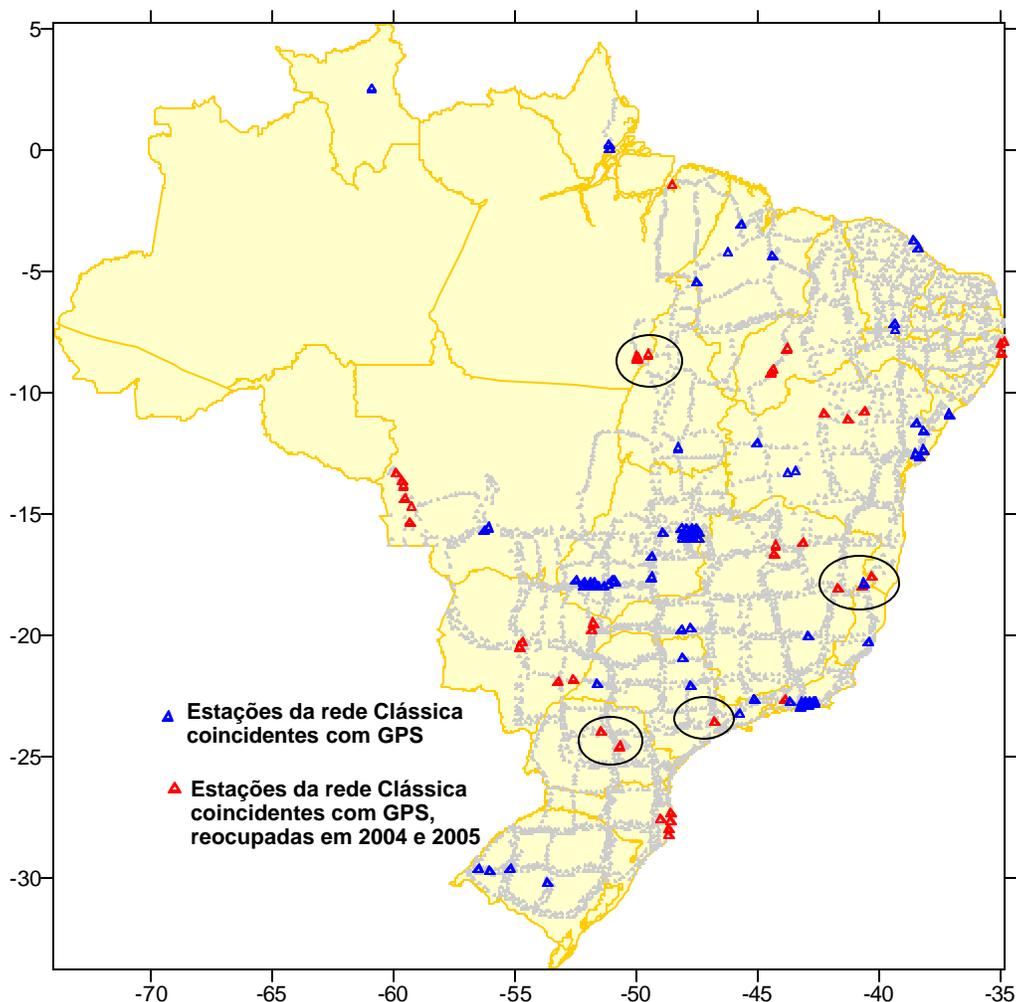


Tabela 4: Reocupações nas estações da rede clássica com GPS realizadas entre os anos 2004 e 2005.

| CAMPANHA                | PERÍODO DE MEDIÇÃO      | ESTAÇÕES REOCUPADAS                |
|-------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| PMRG-SP                 | 18/03/2005 À 31/03/2005 | 10969                              |
| PMRG-PA                 | 11/03/2004 à 17/03/2004 | 10073                              |
| PMRG-BA                 | 27/04/2004 à 04/05/2004 | 8256, 8203, 8208                   |
| PMRG-ES/ Rede Minas     | 22/11/2004 à 02/12/2004 | 2025, 2028, 0771 ,2029             |
| PMRG-MG                 | 16/03/2004 à 22/03/2004 | 1761, 0618, 1781                   |
| PMRG-MT                 | 16/03/2004 à 03/04/2004 | 2323, 2317, 2336, 2328, 2332, 2307 |
| PMRG-PI                 | 14/04/2004 à 21/04/2004 | 10549, 10563, 10545                |
| PMRG-PR                 | 06/10/2004 à 24/10/2004 | 2169, 1168                         |
| PMRG-PA SUL             | 10/05/2005 à 16/05/2005 | 10515, 10532, 10535                |
| PM RG-SC                | 19/03/2004 à 02/04/2004 | 11057, 11093, 11092, 0082          |
| PMRG-PE                 | 24/03/2004 à 01/04/2004 | 10501, 10639, 10642                |
| Rede Mato Grosso do Sul | 21/04/2004 à 20/05/2004 | 10906, 10916, 2095, 664, 665, 2462 |

Na Figura 2 é apresentada a Rede GPS e na Figura 3 é apresentada a Rede Planimétrica Brasileira, ajustada em 2006.

Figura 2: Rede GPS, ajustada em 2006.

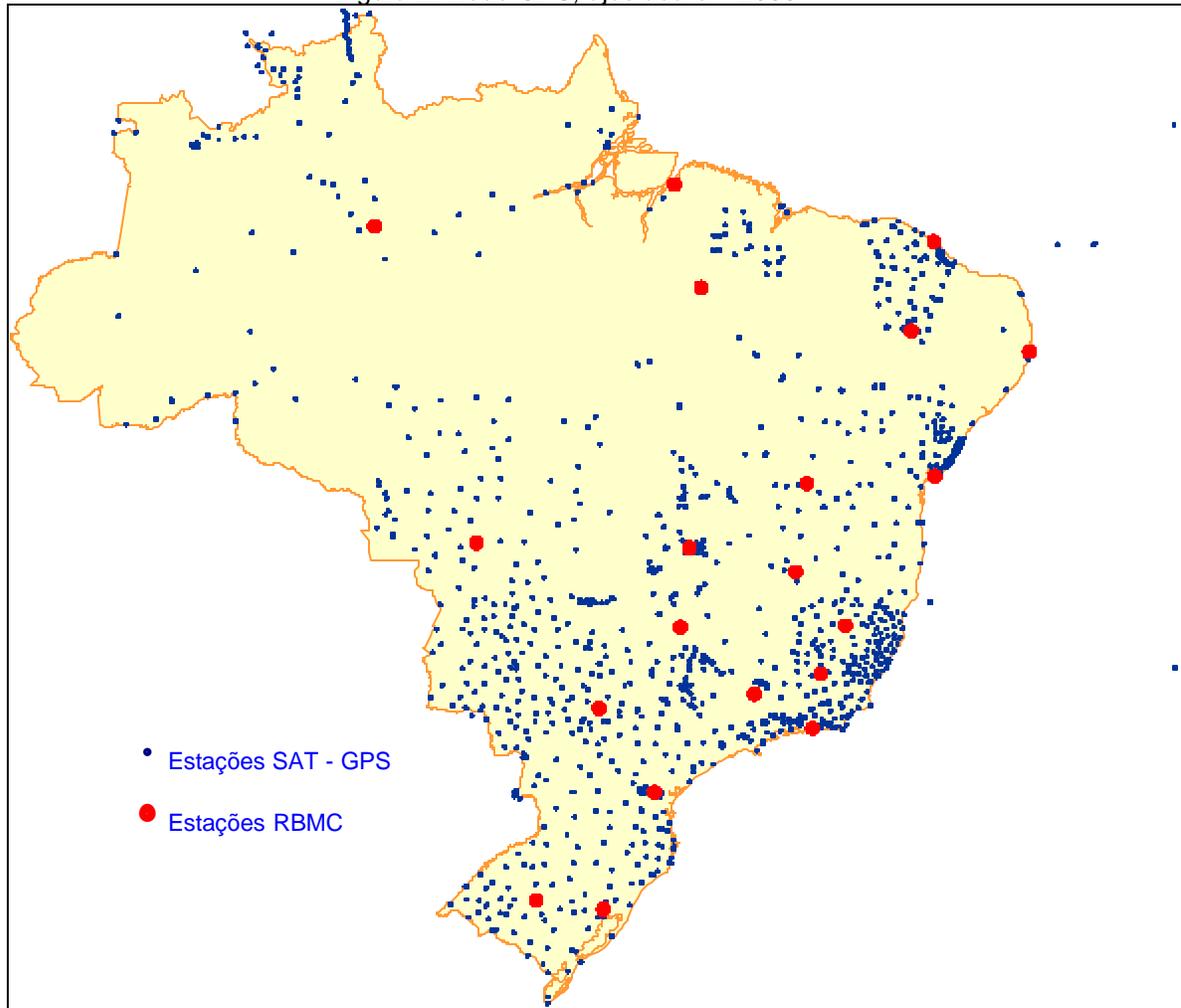
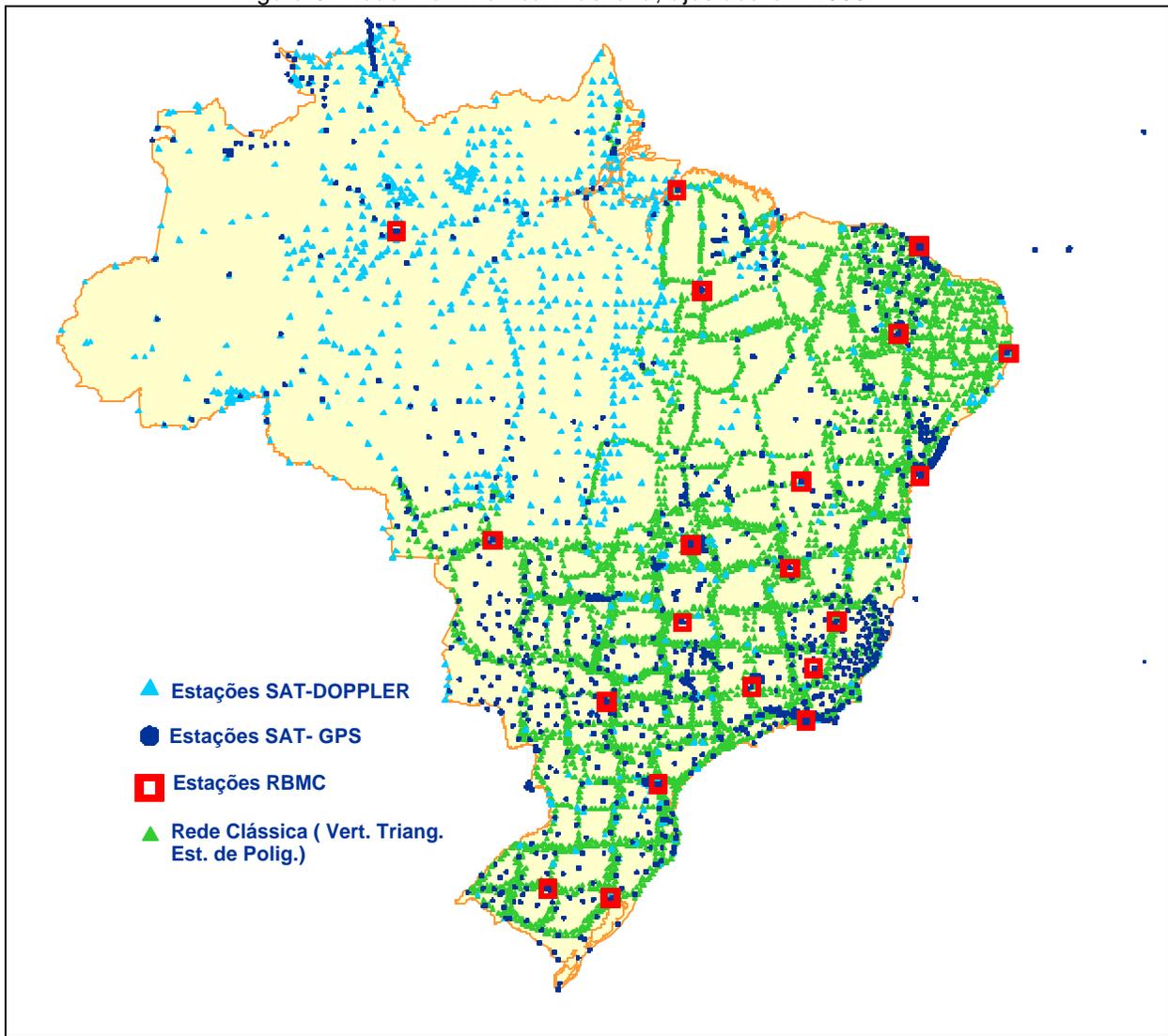


Figura 3: Rede Planimétrica Brasileira, ajustada em 2006.



## **5. INFLUÊNCIA DAS MEDIÇÕES GPS EM ESTAÇÕES DA REDE CLÁSSICA**

Este estudo, realizado antes do ajuste de 2006, buscou avaliar a necessidade de observações GPS sobre estações da Rede Clássica, a partir da análise da influência das estações GPS no controle de deformações da Rede Clássica. Como resultado deste estudo, 12 campanhas GPS foram realizadas em diferentes partes do país nos anos 2004 e 2005. A escolha destas áreas foi baseada na análise do raio de influência de uma conexão GPS em uma estação da Rede Clássica, ou seja, até que distância uma conexão GPS influencia na as coordenadas das estações da Rede Clássica em seu entorno. Verificou-se neste estudo que o raio de influência é, em média, de 500 km, considerando as características da rede brasileira.

Nos gráficos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 são apresentadas as diferenças encontradas entre as coordenadas antes e depois da conexão em diferentes partes da rede. Verifica-se que estas diferenças podem chegar a 9 metros nas regiões centro-oeste e norte do país.

Gráfico 1 : Influência da conexão GPS na Rede Clássica – região Sul.

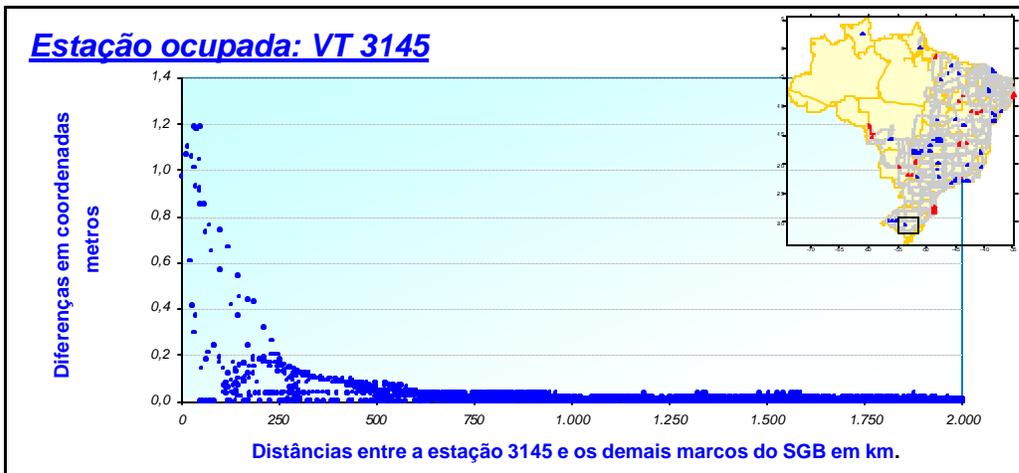


Gráfico 2 : Influência da conexão GPS na Rede Clássica – região Sudeste.

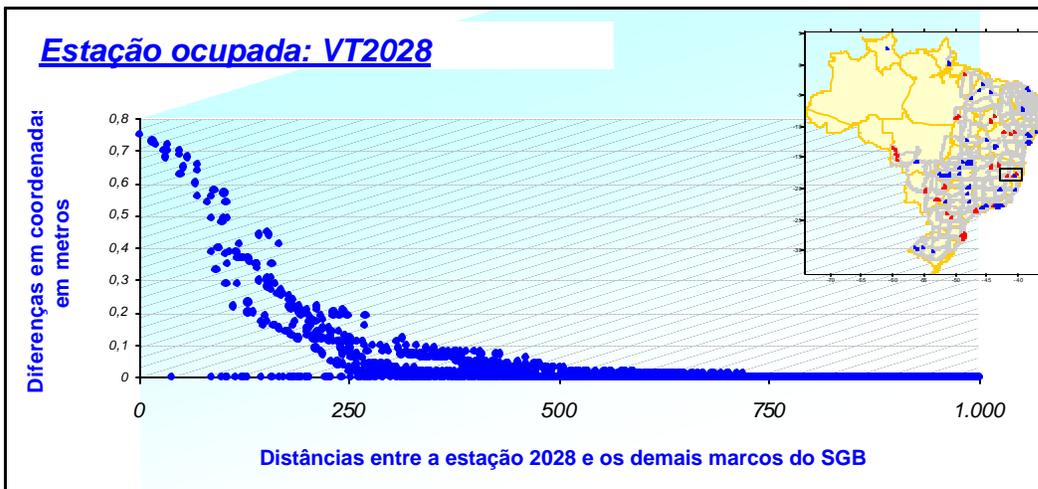


Gráfico 3 : Influência da conexão GPS na Rede Clássica – região Norte.

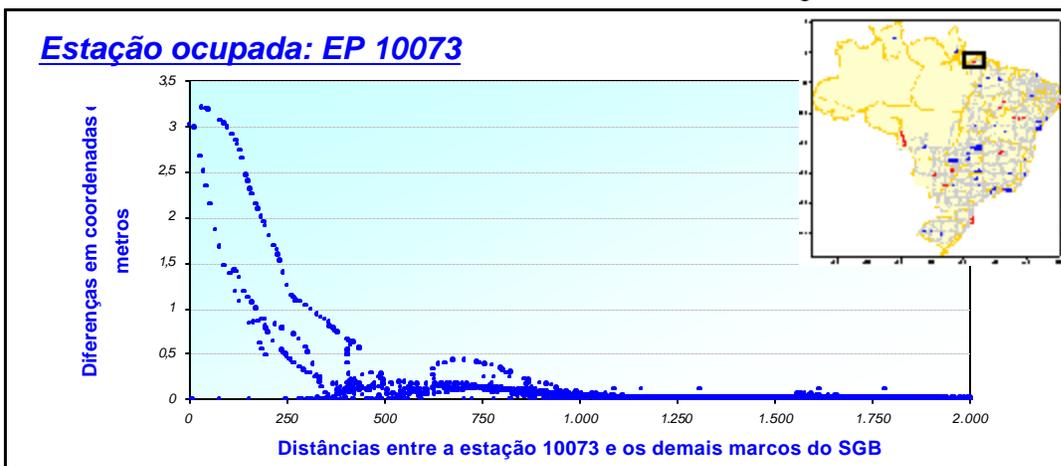


Gráfico 4 : Influência da conexão GPS na Rede Clássica – região Norte.

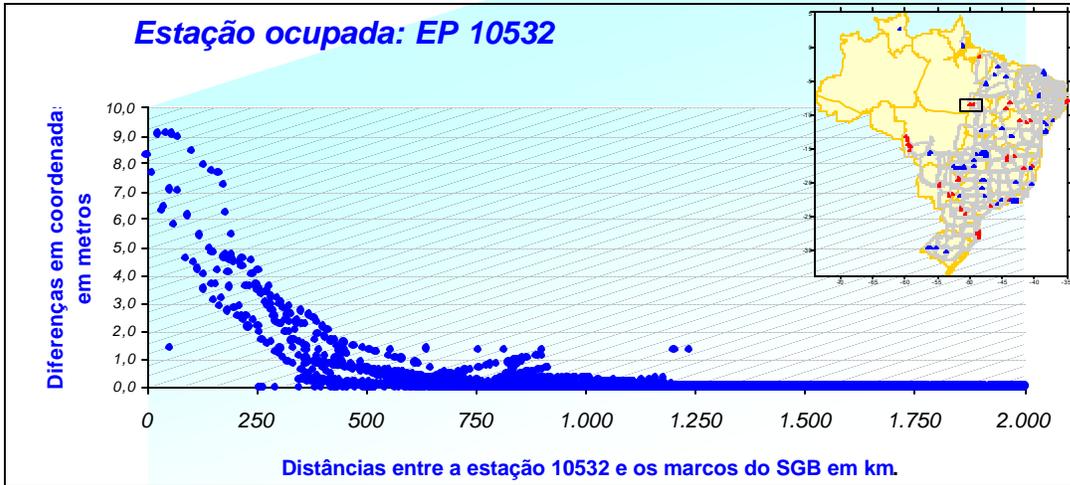


Gráfico 5 : Influência da conexão GPS na Rede Clássica – região Centro - Oeste.

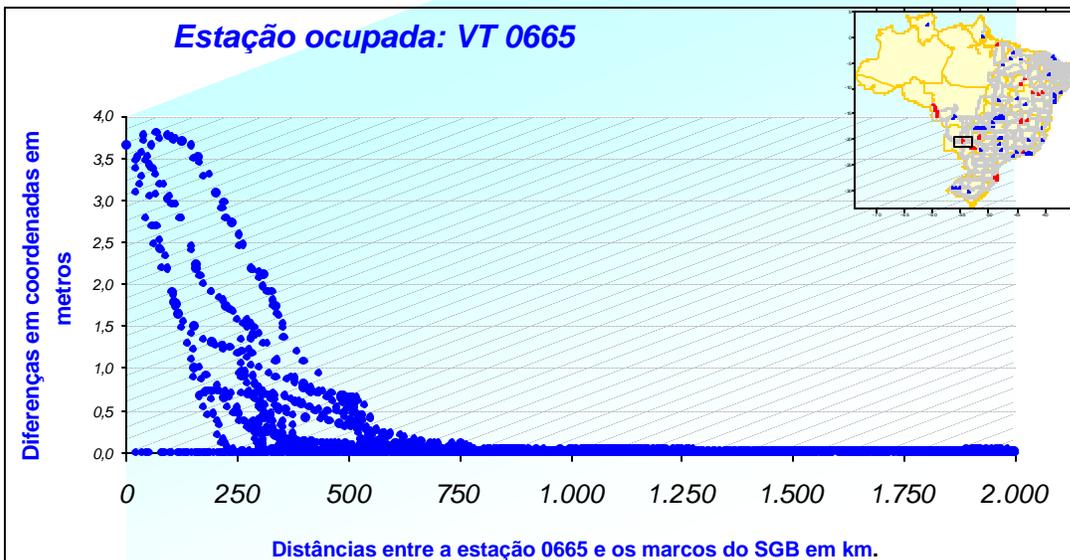
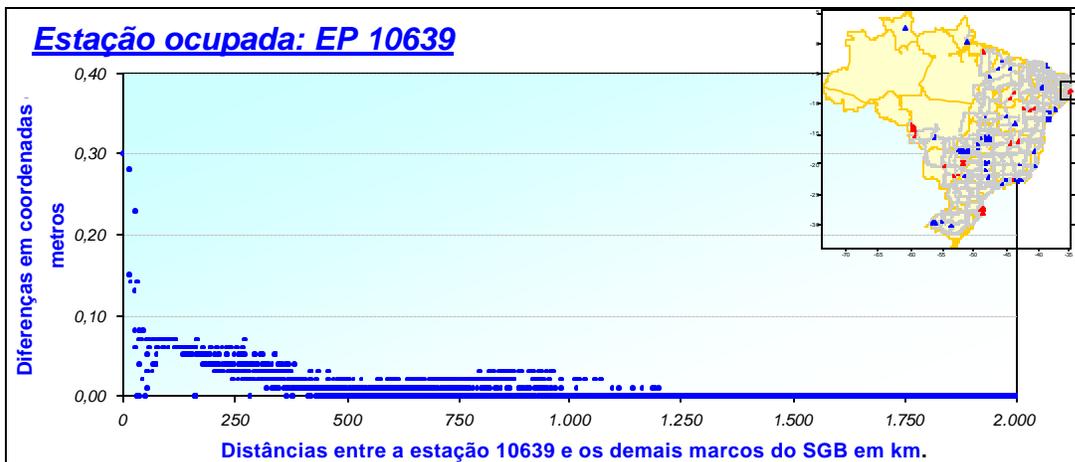


Gráfico 6 : Influência da conexão GPS na Rede Clássica – região Nordeste.



## **6. INCONSISTÊNCIAS ENCONTRADAS NAS REOCUPAÇÕES DA REDE CLÁSSICA**

Foram identificadas quatro conexões entre a Rede Clássica e a Rede GPS que causaram inconsistências consideráveis quando utilizadas no ajuste. Estas conexões foram desconsideradas no ajuste após a análise dos seus descritivos, os quais sinalizavam os seguintes problemas:

VT-PREAOCA (1483) / SAT 92002: Constatou-se um vetor diferença de 0,796 m nas coordenadas planimétricas existentes e as remedidas com GPS. Na verificação deste problema observou-se que existem três descritivos para este VT. O primeiro na época do estabelecimento do VT em 1957, no qual foi cravada uma chapa de metal diretamente na rocha com as inscrições PREAOCA-1957. Na ocupação realizada em 1986, consta que na chapa fora gravado PREAOCA-1986, concluindo-se que ocorreu o estabelecimento de uma nova estação. Na reocupação realizada em 1994 por GPS, consta que a chapa contém as inscrições PREAOCA-1986.

VT-ALIANÇA (2588) / SAT 92537: Constatou-se um vetor diferença de 0,243 m nas coordenadas planimétricas existentes e as remedidas com GPS. Na documentação existente verificou-se que o VT foi estabelecido no ano de 1985 e reocupado por GPS no ano de 1992. Na sua reocupação foi informado que o marco encontrava-se parcialmente destruído.

VT-DA COSTA (2251) / SAT 92559: Constatou-se um vetor diferença de 0,193 m nas coordenadas planimétricas existentes e as remedidas com GPS. A diferença entre a altitude existente e a medida com GPS foi de 1.056 m. Verificou-se que este VT possui três descritivos. O primeiro no estabelecimento do VT em 1972, no qual consta que as coordenadas foram determinadas no marco, padrão IBGE, cujas inscrições na chapa eram "DA COSTA-2251". O mesmo foi descrito na reocupação realizada em 1980 por DOPPLER. Na reocupação de 1994, com GPS, a observação partiu do marco de profundidade, concluindo-se que o marco principal havia sido destruído.

VT-MORADA (2594) / SAT 92534: Constatou-se um vetor diferença de 0,215 m nas coordenadas planimétricas existentes e as remedidas com GPS. Não foi identificado nenhum fator que causasse a inconsistência; esta conexão também foi excluída do ajustamento.

## **7. ESTAÇÕES SIRGAS2000/RBMC**

Em maio do ano 2000 foi realizada a segunda campanha GPS do Projeto SIRGAS. Participaram desta campanha 184 estações distribuídas nas três Américas. Das 184 estações, 21 estão em território brasileiro. Estas estações são apresentadas na Tabela 5.

O ajustamento da Rede Planimétrica Brasileira no Sistema SIRGAS2000 foi injuncionado em 20 estações da campanha SIRGAS2000 localizadas no Brasil. Para injunciona-las foram utilizadas as coordenadas e os desvios padrão divulgados na página do Projeto SIRGAS (<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/sirgas/principal.htm>). Além disso, foi necessário reocupar cada estação SIRGAS2000 em outras campanhas GPS, estabelecendo, assim, a ligação entre a Rede Planimétrica e o SIRGAS2000. Apenas a estação **CANA** não pode ser reocupada, pois havia sido destruída antes que as medições fossem executadas. A Tabela 5 informa a campanha GPS na qual cada estação SIRGAS2000 foi conectada à Rede Planimétrica.

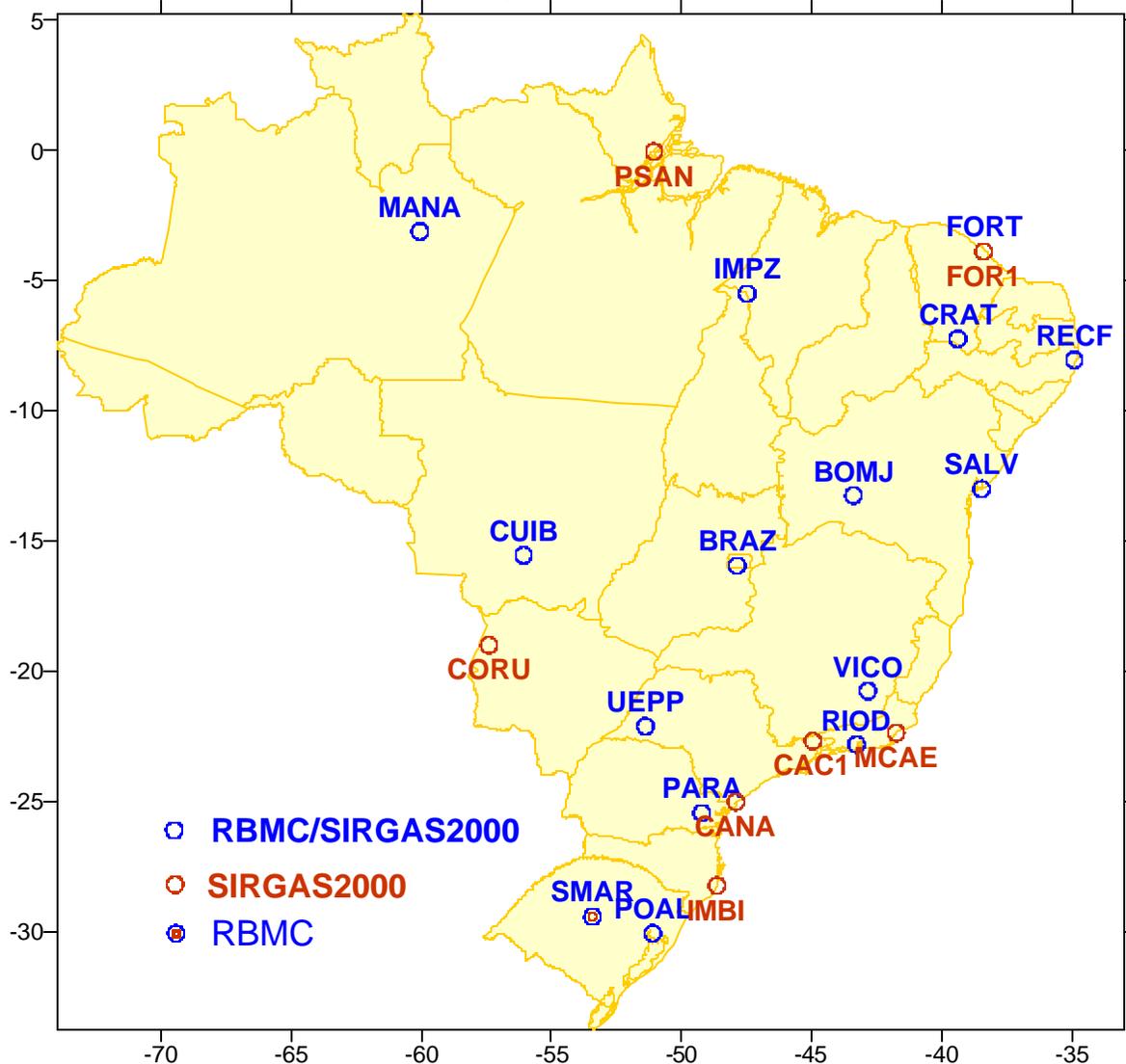
A estação SMAR (Santa Maria) pertencente a RBMC foi instalada no ano 2001 e portanto não faz parte da realização SIRGAS2000. Apesar de não ter sido ocupada na campanha SIRGAS2000, ela foi utilizada como injunção no ajustamento SIRGAS2000. Detalhes sobre o cálculo de suas coordenadas são apresentados na seção 8 deste relatório.

Tabela 5: Estações SIRGAS2000 e suas ligações com a Rede Planimétrica Brasileira.

| <b>Identificação</b> | <b>Cidade</b>   | <b>Ligação com a Rede GPS</b>                        | <b>Ligação com a Rede Clássica</b>               |
|----------------------|-----------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| MANU / 91300         | Manaus          | Participa de várias campanhas GPS                    | INEXISTENTE                                      |
| FORT / 92009         | Fortaleza (IGS) | Participa de várias campanhas GPS                    | 10026, 10031, 9802, 10173                        |
| FOR1 / 92400         | Fortaleza       | Campanhas PSAN e FOR1                                | INEXISTENTE                                      |
| IMPZ / 92165         | Imperatriz      | Participa de várias campanhas GPS                    | 10290                                            |
| BOMJ / 93030         | Bom Jesus       | Participa de várias campanhas GPS                    | 10759, 10750                                     |
| CUIB / 92583         | Cuiabá          | Participa de várias campanhas GPS                    | 2249, 2585, 2481                                 |
| BRAZ / 91200         | Brasília (IGS)  | Participa de várias campanhas GPS                    | 9802, 9801, 9800, 10315, 10316, 2586, 2501, 0270 |
| VICO / 91696         | Viçosa          | Participa de várias campanhas GPS                    | 8283                                             |
| UEPP / 91559         | P.Prudente      | Participa de várias campanhas GPS                    | 9802                                             |
| CAC1 / 91742         | C.Paulista      | Rede Minas                                           | INEXISTENTE                                      |
| RIOD / 91720         | Rio de Janeiro  | Participa de várias campanhas GPS                    | INEXISTENTE                                      |
| PARA / 91105         | Curitiba        | Participa de várias campanhas GPS                    | 9802, 0270                                       |
| RECF / 93110         | Recife          | Participa de várias campanhas GPS                    | INEXISTENTE                                      |
| SALV / 93111         | Salvador        | Participa de várias campanhas GPS                    | INEXISTENTE                                      |
| POAL / 91850         | Porto Alegre    | Gravimetria no RS                                    | INEXISTENTE                                      |
| CRAT / 92300         | Crato           | Reocupação de EP                                     | 10351, 10346                                     |
| MCAE / 91888         | Macaé           | Rede Rio                                             | INEXISTENTE                                      |
| PSAN / 91215         | Santana         | Ligação com RRNN                                     | INEXISTENTE                                      |
| IMBI / 91854         | Imbituba        | Rede Santa Catarina                                  | INEXISTENTE                                      |
| CANA / 91901         | Cananéia        | FOI OCUPADA SOMENTE NA CAMPANHA SIRGAS2000-DESTRUÍDA | INEXISTENTE                                      |
| CORU / 92725         | Corumbá         | Rede Mato Grosso do Sul                              |                                                  |
| SMAR / 92013         | Santa Maria     | Rede Rio Grande do Sul                               | INEXISTENTE                                      |

A Figura 4 apresenta a distribuição das estações SIRGAS2000/RBMC no Brasil. Em vermelho somente as estações SIRGAS2000 e em azul as estações SIRGAS2000 e RBMC, ou seja, as estações de operação contínua de receptores GPS.

Figura 4: Estações SIRGAS2000/RBMC.



## **8. OBTENÇÃO DAS COORDENADAS SIRGAS2000 DE SMAR (92013)**

As coordenadas da estação SMAR, localizada na cidade de Santa Maria, RS, são resultado do processamento envolvendo 40 dias de dados GPS coletados no período de 1 de janeiro a 9 de fevereiro de 2002, com todas as estações da RBMC em operação durante este período, mais as seguintes estações SIRGAS2000 localizadas fora do Brasil: KOUR, CORD, OHIG, AREQ, RIOG, LPGS, SANT. Esta rede recebeu a denominação de SMAR. O ajuste final foi injuncionado às coordenadas SIRGAS2000 da estação 91200(BRAZ). Sendo assim, as coordenadas SIRGAS2000 da estação SMAR foram referidas ao SIRGAS2000, época 2000,4.

## **9. RESULTADOS**

Para o ajustamento simultâneo da Rede Planimétrica foi utilizada a técnica de Helmert Blocking, para a divisão da rede em blocos. Foi utilizada a mesma estratégia do ajustamento SAD

69 realizado em 1996, ou seja, o programa BLOCK foi utilizado para dividir a rede em 8 blocos e os polígonos definidores destes blocos são os mesmos do ajuste de 1996.

As incógnitas do ajustamento foram às coordenadas das 6265 estações mais 12 parâmetros auxiliares, os quais são apresentados na seção 11 deste relatório.

Foram injuncionadas as coordenadas de 20 estações pertencentes à rede continental SIRGAS2000 estabelecidas no Brasil (92013, 91696, 91559, 93111, 93110, 91720, 91850, 91105, 91888, 91854, 92009, 92583, 92300, 91742, 91200, 91300, 92165, 91215, 93030, 92725, 92400), mais a estação da RBMC de Santa Maria (SMAR), conforme Figura 4 Conforme mencionado anteriormente, a estação de Cananéia (CANA) não foi adotada como inunção, devido à sua destruição antes que fossem realizadas observações para ligação com a Rede Planimétrica Brasileira.

Observações utilizadas no ajustamento:

|                                               |   |       |
|-----------------------------------------------|---|-------|
| N.º de Direções                               | : | 16913 |
| N.º de Distâncias                             | : | 1534  |
| N.º de Azimutes                               | : | 389   |
| N.º de Equações de Posição (Doppler)          | : | 179   |
| N.º de Equações de Diferença de Posição (GPS) | : | 3196  |
| N.º de Equações Normais Parciais (inunções)   | : | 21    |

As coordenadas das estações SIRGAS2000 tiveram como inunção os seus respectivos desvios padrão divididos pelo fator 10, ou seja fornecendo um peso superior às coordenadas SIRGAS2000. A aplicação deste fator 10 deve-se ao fato de que grande parte dos resultados obtidos através do processamento GPS é muito otimista, gerando, assim, desvios para as coordenadas, melhor que o milímetro. Isso acarreta um peso nas coordenadas das campanhas GPS superior ao das estações SIRGAS2000. A convergência foi alcançada no ajustamento após a terceira iteração, obtendo-se o fator de variância *a posteriori* de 1,509.

## **9.1 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS**

Os resultados apresentados neste item são referentes ao desmembramento da Rede Planimétrica em três níveis, sendo eles: (1) Redes GPS Estaduais (428 estações), (2) Rede GPS completa, contendo todas as Redes GPS Estaduais e outras estações GPS (total de 1600 estações), e (3) Rede Planimétrica completa (Rede Clássica e Rede GPS - 6265 estações). Em cada um destes níveis foram realizados ajustamentos injuncionando todas as estações SIRGAS2000 presentes nestas redes. Esta comparação tem como propósito verificar a rigidez da Rede GPS quando esta é ajustada com a Rede Planimétrica. Nas tabelas 6 e 7 são apresentadas às estatísticas das diferenças de coordenadas entre as Redes GPS estaduais e GPS e entre as Redes GPS e Planimétrica, respectivamente.

### **9.1.1 REDES GPS ESTADUAIS E REDE GPS**

Esta comparação envolve **428 estações**.

Tabela 6: Estatística das diferenças de coordenadas entre as Redes GPS Estaduais e a Rede GPS.

| Componentes | Diferença média (metros) | Diferença Máxima (metros) | EMQ* (metros) |
|-------------|--------------------------|---------------------------|---------------|
| horizontal  | 0.001                    | 0.039                     | 0.003         |
| vertical    | 0.006                    | 0.062                     | 0.007         |

\* Erro médio quadrático

A diferença máxima na componente horizontal foi encontrada na estação **91615**, pertencente ao Projeto GPS REDESP (Rede São Paulo).

A diferenças verticais máximas foram encontradas nas seguintes estações:

| IDENTIFICADOR | Diferença em metros | Proj. GPS   |
|---------------|---------------------|-------------|
| 91643         | 0.0620              | Rede Paraná |
| 91654         | 0.0620              | Rede Paraná |
| 91615         | 0.0550              | Redesp      |
| 91889         | 0.0580              | Rede Rio    |

### **9.1.2 REDE GPS E REDE PLANIMÉTRICA (GPS,EP,VT e Doppler)**

Esta comparação envolve **1600** estações.

Tabela 7: Estatística das diferenças de coordenadas entre a Rede GPS e a Rede Planimétrica.

| Componentes | Diferença média (metros) | Diferença Máxima (metros) | EMQ (metros) |
|-------------|--------------------------|---------------------------|--------------|
| horizontal  | 0.005                    | 0.110                     | 0.016        |
| vertical    | 0.001                    | 0.093                     | 0.004        |

As diferenças horizontais máximas foram encontradas nas seguintes estações:

| IDENTIFICADOR | Diferença em metros | Proj. GPS     |
|---------------|---------------------|---------------|
| 2589(MENEZES) | 0.110               | GESAT         |
| 1586          | 0.094               | Rede Brasília |
| 10026         | 0.089               | Amapá         |
| 2587(LENITA)  | 0.088               | GESAT         |
| 1584          | 0.087               | Rede Brasília |
| 91136         | 0.087               | Rede Brasília |
| 92537         | 0.078               | GESAT         |

Destaca-se que as diferenças mostradas na tabela acima são da mesma ordem de grandeza dos desvios padrão das coordenadas ajustadas, evidenciando que não são estatisticamente significativas.

A diferença vertical máxima foi encontrada na estação 10026 pertencente ao Projeto GPS Amapá.

### **9.1.3 ESTAÇÕES GPS (SOLUÇÃO 2005) E ESTAÇÕES GPS (SOLUÇÃO 2006)**

Em março de 2005 por ocasião da adoção oficial do SIRGAS2000 no Brasil, foram divulgados os resultados do ajustamento SIRGAS2000 de todas as estações GPS, através do Banco de Dados Geodésicos em operação na Internet. O total de estações com coordenadas SIRGAS2000 nesta época era de 1377 estações, estes resultados são denominados de solução 2005. As coordenadas SIRGAS2000 das estações Doppler foram obtidas através dos parâmetros de transformação apresentados na seção 11 deste relatório. O ajustamento descrito neste relatório foi concluído e seus resultados (solução 2006) divulgados em março de 2006, incluindo as coordenadas das estações de poligonal (EP), vértices de triangulação (VT) e novas estações GPS, sendo elas:

- (1) Densificação da Rede Espírito Santo
- (2) Densificação da Rede Santa Catarina
- (3) Caparaó
- (4) Paraná2005

As coordenadas de algumas estações SIRGAS2000, divulgadas em fevereiro de 2005, sofreram alteração com a conclusão do ajustamento de 2006. Como, por exemplo, quando uma estação Doppler é conexão com uma estação da Rede Clássica as coordenadas transformadas SIRGAS2000 foram trocadas pelos valores ajustados no ano 2006. Isso inclui a Rede de Translocação na Amazônia.

Com o objetivo fazer um controle dos resultados divulgados nos anos 2005 e 2006 foram calculadas as diferenças entre estas duas soluções, a estatística destas diferenças são apresentadas na Tabela 8. Estas diferenças horizontais são o vetor resultante em latitude e longitude em valor absoluto. No cálculo estatístico da componente vertical foi considerado o sinal das diferenças. O número de estações comparadas foi **1377**.

Tabela 8: Estatística das diferenças de coordenadas entre a as soluções dos anos 2005 e 2006.

| Componentes | Diferença média (metros) | Diferença Máxima (metros) | EMQ (metros) |
|-------------|--------------------------|---------------------------|--------------|
| horizontal  | 0.008                    | 1.855                     | 0.072        |
| vertical    | 0.026                    | 3.256                     | 0.263        |

As diferenças horizontais máximas:

| IDENTIFICADOR   | Diferença em metros | Proj. GPS            |
|-----------------|---------------------|----------------------|
| 90176 SAT-PA-13 | 1.855               | Rede de translocação |
| 90209           | 0.604               | Rede de translocação |
| 90212           | 0.539               | Rede de translocação |
| 90273           | 0.558               | Rede de translocação |
| 90389           | 0.593               | Rede de translocação |
| 90437 SAT-MA-03 | 1.024               | poma102a             |
| 91082           | 0.528               | Rede de translocação |
| 91083           | 0.543               | Rede de translocação |
| 91084           | 0.509               | Rede de translocação |
| 91085           | 0.575               | Rede de translocação |
| 91553           | 0.234               | ION91, PARANA2005    |
| 90809           | 0.486               | Rede de translocação |
| 2500            | 0.542               | Rede de translocação |
| 2495            | 0.540               | Rede de translocação |

Diferenças verticais máximas:

| IDENTIFICADOR   | Diferença em metros | Proj. GPS            |
|-----------------|---------------------|----------------------|
| 90176           | -1.5010             | Rede de translocação |
| 90209           | -0.7620             | Rede de translocação |
| 90212           | -0.7980             | Rede de translocação |
| 90273           | -0.7700             | Rede de translocação |
| 90389           | -0.7680             | Rede de translocação |
| 90437 SAT-MA-03 | -2.8380             | poma102a             |
| 91082           | -0.8200             | Rede de translocação |
| 91083           | -0.8320             | Rede de translocação |
| 91084           | -0.8120             | Rede de translocação |
| 91085           | -0.7860             | Rede de translocação |
| 91553           | -0.5840             | ION91                |
| 91115           | -0.1650             | ION91                |
| 91117           | -0.3050             | ION91                |
| 91118           | -0.3890             | ION91                |

|       |         |                      |
|-------|---------|----------------------|
| 90809 | -0.7900 | Rede de translocação |
| 2500  | 3.0210  | Rede de translocação |
| 2495  | -0.8800 | Rede de translocação |
| 8256  | 3.256   | PMRG-BA              |

## 10. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

A informação adotada para esta análise é o desvio padrão das coordenadas. O gráfico 7 apresenta os resultados obtidos na rede GPS. Analisando o gráfico 7, o qual apresenta a estimativa para a Rede GPS, verifica-se que cerca de 70 % das componentes horizontais encontram-se com desvios padrão no intervalo de 1 mm a 1 cm, enquanto 70% das altitudes geométricas encontram-se com desvios padrão no intervalo de 1 a 10 cm. O gráfico 8 apresenta os resultados obtidos para a Rede Completa (GPS+Clássica), analisando-se, neste caso, apenas as componentes horizontais (latitude e longitude). Verifica-se neste gráfico, que cerca de 50% dos desvios padrão encontram-se entre 20 a 50 cm. Para todas análises estatísticas foi aplicado o nível de confiança de 95%.

Gráfico 7: Distribuição estatística dos desvios padrão das coordenadas da Rede GPS.

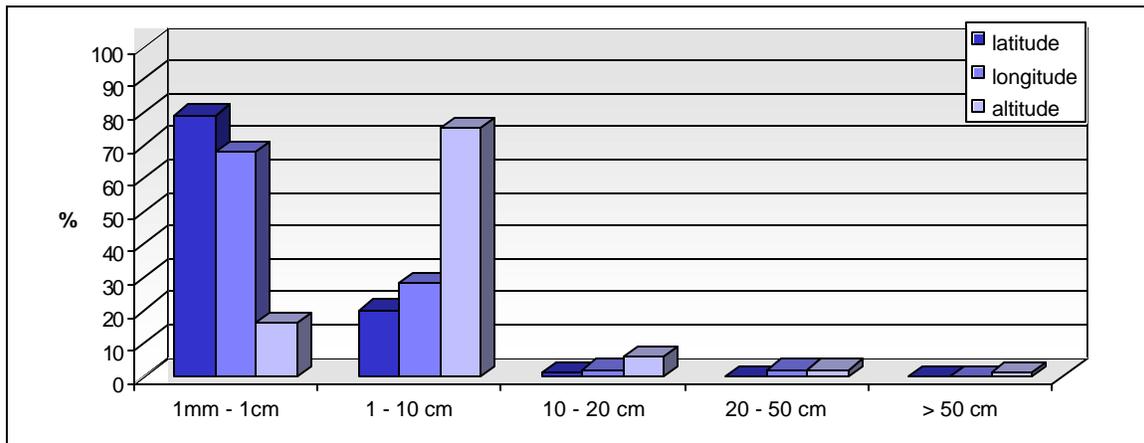
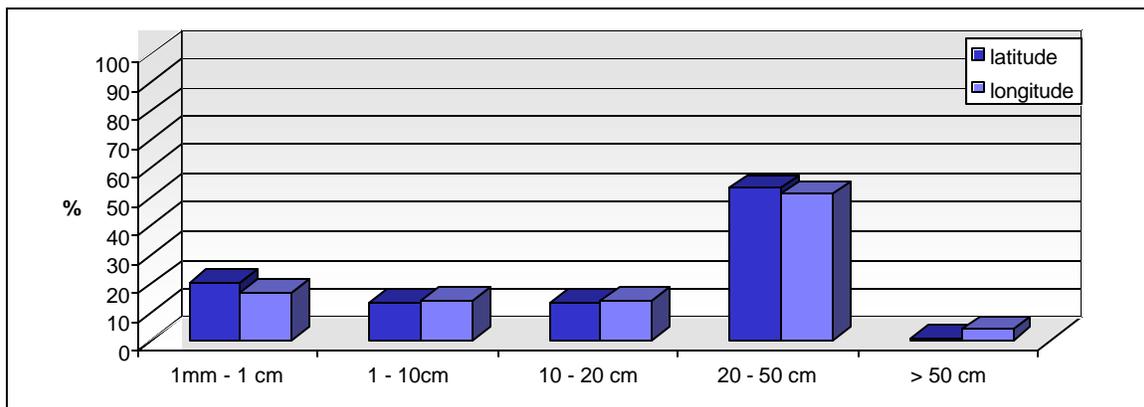


Gráfico 8: Distribuição estatística dos desvios padrão das coordenadas de toda rede.



O segundo critério utilizado na análise da rede baseou-se na precisão relativa entre as estações. Existem várias possibilidades, em termos de combinação de linhas de base, para este tipo de análise, tais como: linhas observadas, linhas dentro de uma região de tamanho específico, todas as combinações possíveis entre estações, etc. Neste relatório só foram analisadas as linhas

efetivamente observadas, por fornecer uma solução mais simples em termos computacionais e pelo seu significado direto com as observações efetivamente realizadas. A informação utilizada para esta avaliação é a elipse relativa de erros, representada através do erro relativo obtido nas linhas de base, expresso em *partes por milhão* (ppm). Verifica-se no gráfico 9 que, avaliando-se as 7807 linhas de base GPS (considerando-se as repetições de linhas), cerca de 80 % encontram-se com erros relativos entre 0 e 1 ppm, enquanto no gráfico 10, para 31892 pares de estações conectadas por algum tipo de observação, encontra-se 43% dos erros relativos entre 10 a 20 ppm, fato este esperado para uma Rede Clássica.

Gráfico 9: Distribuição estatística da precisão das 7807 linhas de base GPS observadas.

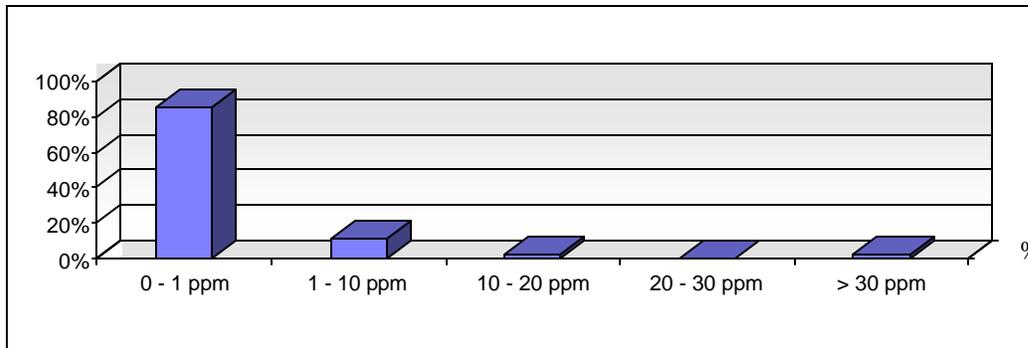
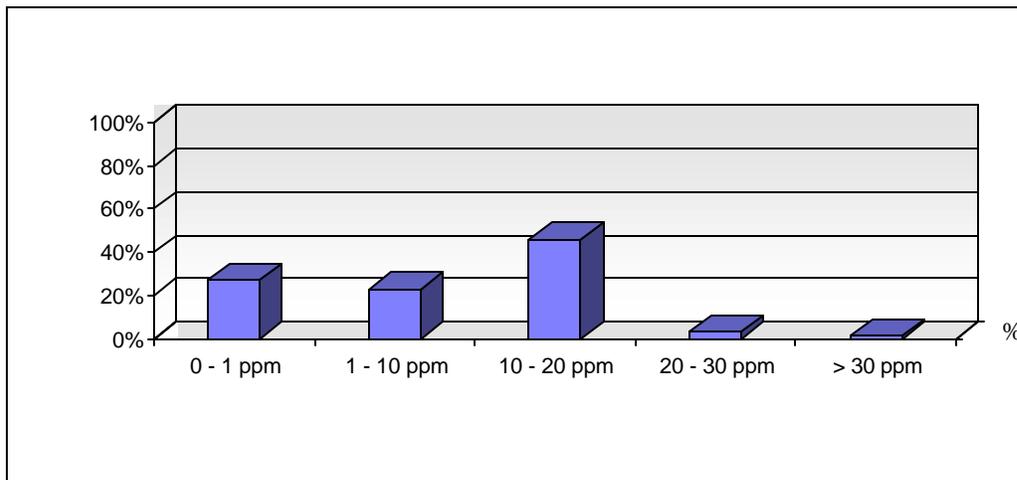


Gráfico 10: Distribuição estatística da precisão das linhas de base observadas em toda a rede. Número de linhas analisadas 31892.

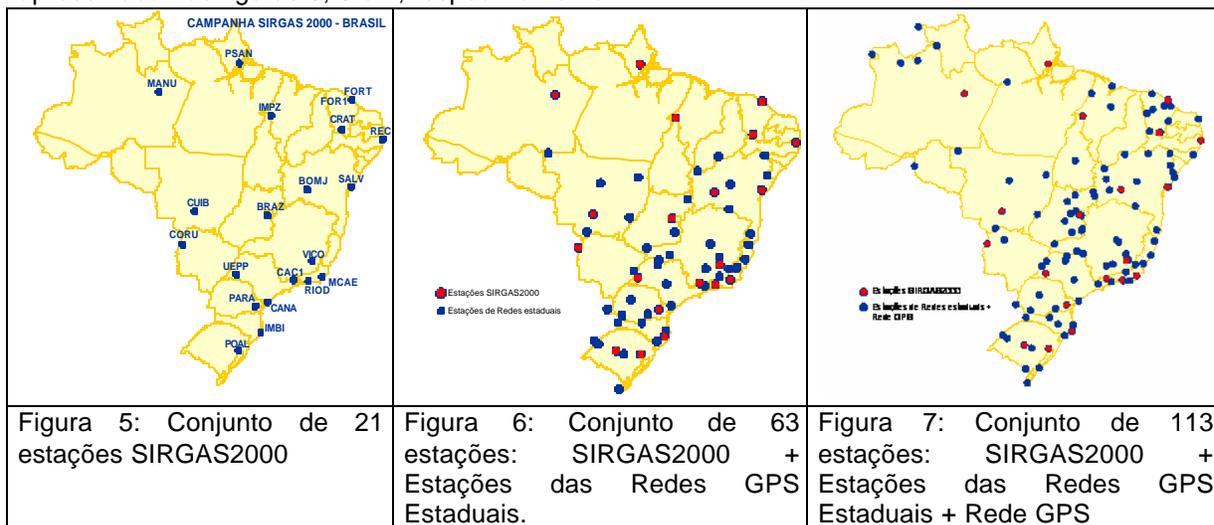


## **11. PARÂMETROS DE TRANSFORMAÇÃO E DISTORÇÕES ENTRE SAD 69 E SIRGAS2000**

Para a estimativa de parâmetros de transformação entre os sistemas SAD 69 e SIRGAS2000, não foi considerada a distorção proveniente das estações da Rede Clássica, sendo escolhidas somente as estações GPS pertencentes a três grupos, sendo eles:

- 21 estações contendo somente as estações SIRGAS2000 pertencentes à rede continental,
- 63 estações contendo as estações SIRGAS2000 e Estações das Redes GPS Estaduais,
- 113 estações contendo as estações SIRGAS2000, Estações das Redes GPS Estaduais e Rede GPS.

A distribuição geográfica destas estações em cada um dos conjuntos selecionados é apresentada nas figuras 5, 6 e 7, respectivamente.



O programa HELMR1 [HUGENTOBLE, 2005], do Bernese, foi utilizado no cálculo dos parâmetros de transformação.

Os dados de entrada são os dois conjuntos de coordenadas elipsoidais, comuns a cada sistema de referência, e os parâmetros dos respectivos elipsóides. Foram realizados testes para 3 e 7 parâmetros (com os 3 conjuntos de estações GPS), cujos resultados são apresentados na Tabela 9. Não foram realizados testes com 4 parâmetros, considerando a escala, porque este parâmetro considera as diferenças métricas entre os dois sistemas. Estas diferenças decorrem da aplicação de diferentes técnicas de levantamento no estabelecimento das coordenadas das estações que vêm a materializar o sistema definido, o que seria irrelevante uma vez que as estações utilizadas nestes testes são somente estações GPS. O resultado escolhido para o conjunto de parâmetros oficiais no Brasil foi o de 63 estações, considerando somente as translações, apresentado em cinza na Tabela 9. Este resultado foi o escolhido porque os valores obtidos para as rotações e escala não são estatisticamente significativos e também porque as estações utilizadas foram as de melhor precisão na rede.

Tabela 9: Resultados obtidos nos testes realizados para estimativa dos parâmetros de transformação SAD 69/SIRGAS2000.

| ESTAÇÕES                          | 3 PARÂMETROS |         |         | 7 PARÂMETROS |         |         |             |             |             |               |
|-----------------------------------|--------------|---------|---------|--------------|---------|---------|-------------|-------------|-------------|---------------|
|                                   | DX<br>m      | DY<br>m | DZ<br>m | DX<br>m      | DY<br>m | DZ<br>m | Rot. X<br>" | Rot. Y<br>" | Rot. Z<br>" | Esc.<br>mm/km |
| 21<br>SIRGAS                      | 67.34        | -3.89   | 38.24   | 67.36        | -3.83   | 38.35   | -0.0032     | -0.0017     | 0.0016      | 0.0069        |
| 63 SIRGAS+<br>REDES EST.          | 67.35        | -3.88   | 38.22   | 67.41        | -3.79   | 38.27   | -0.0004     | -0.0014     | 0.0034      | 0.0054        |
| 113<br>SIRGAS+REDE<br>S EST.+ GPS | 67.34        | -3.88   | 38.24   | 67.33        | -3.81   | 38.30   | -0.0023     | 0.0003      | 0.0021      | 0.0114        |

Os itens 11.1, 11.2 e 11.3 apresentam os resíduos obtidos após a aplicação dos parâmetros em coordenadas SAD 69, nas suas duas realizações, e coordenadas SIRGAS2000 ajustadas.

### 11.1 Rede GPS

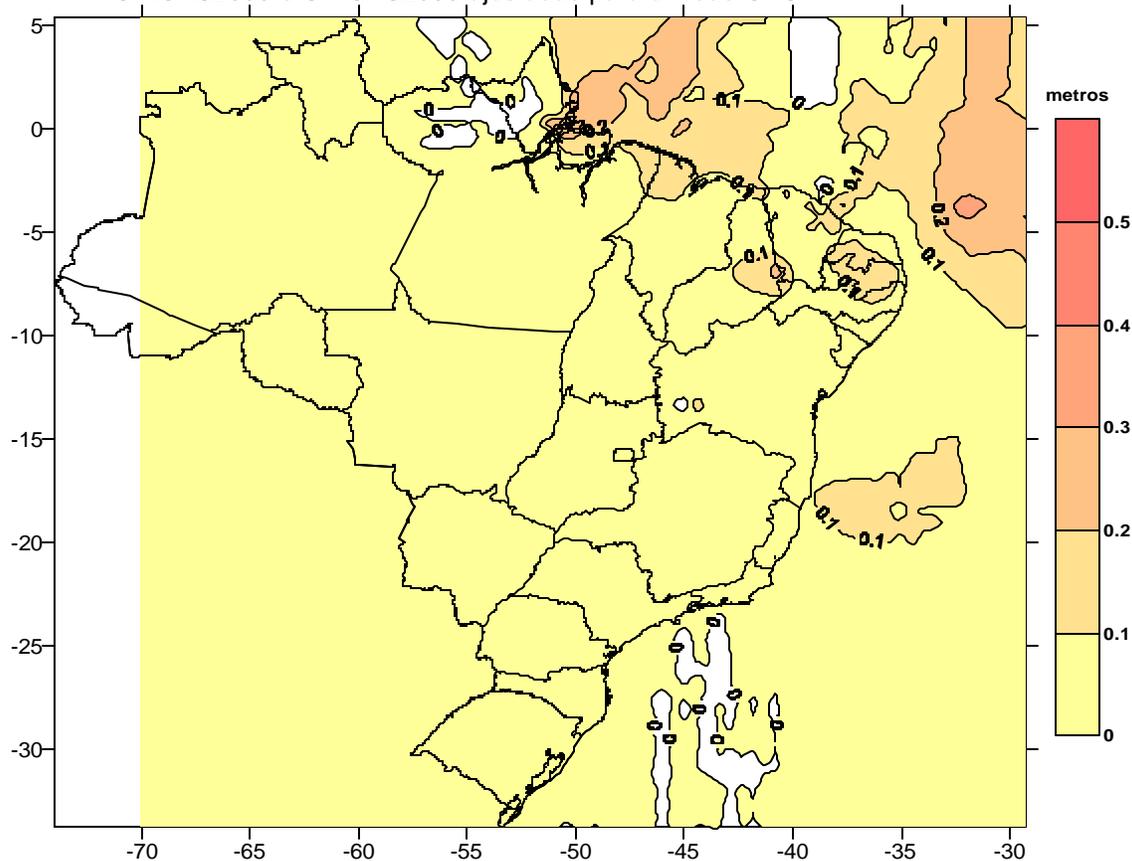
Na Tabela 10 e Figura 8 são apresentadas às estatísticas das diferenças máximas e médias encontradas entre as coordenadas da Rede GPS transformadas de SAD 69 (realização

1996) para SIRGAS2000 e as ajustadas SIRGAS2000. As diferenças máximas foram encontradas no estado do Amapá, estação 10031.

Tabela 10: Estatística das diferenças de coordenadas entre a Rede GPS, SAD 69 (realização 1996) transformadas para SIRGAS2000 ajustadas para a Rede GPS.

| Componentes | Diferença média (metros) | Diferença Máxima (metros) | EMQ (metros) |
|-------------|--------------------------|---------------------------|--------------|
| horizontal  | 0.041                    | 0.463                     | 0.052        |
| vertical    | 0.042                    | 0.372                     | 0.040        |

Figura 8: Diferenças entre coordenadas SAD 69 (realização 1996) transformadas para SIRGAS2000 e SIRGAS2000 ajustadas para a Rede GPS.



### 11.2 Rede Clássica SAD 69 (realização 1996)

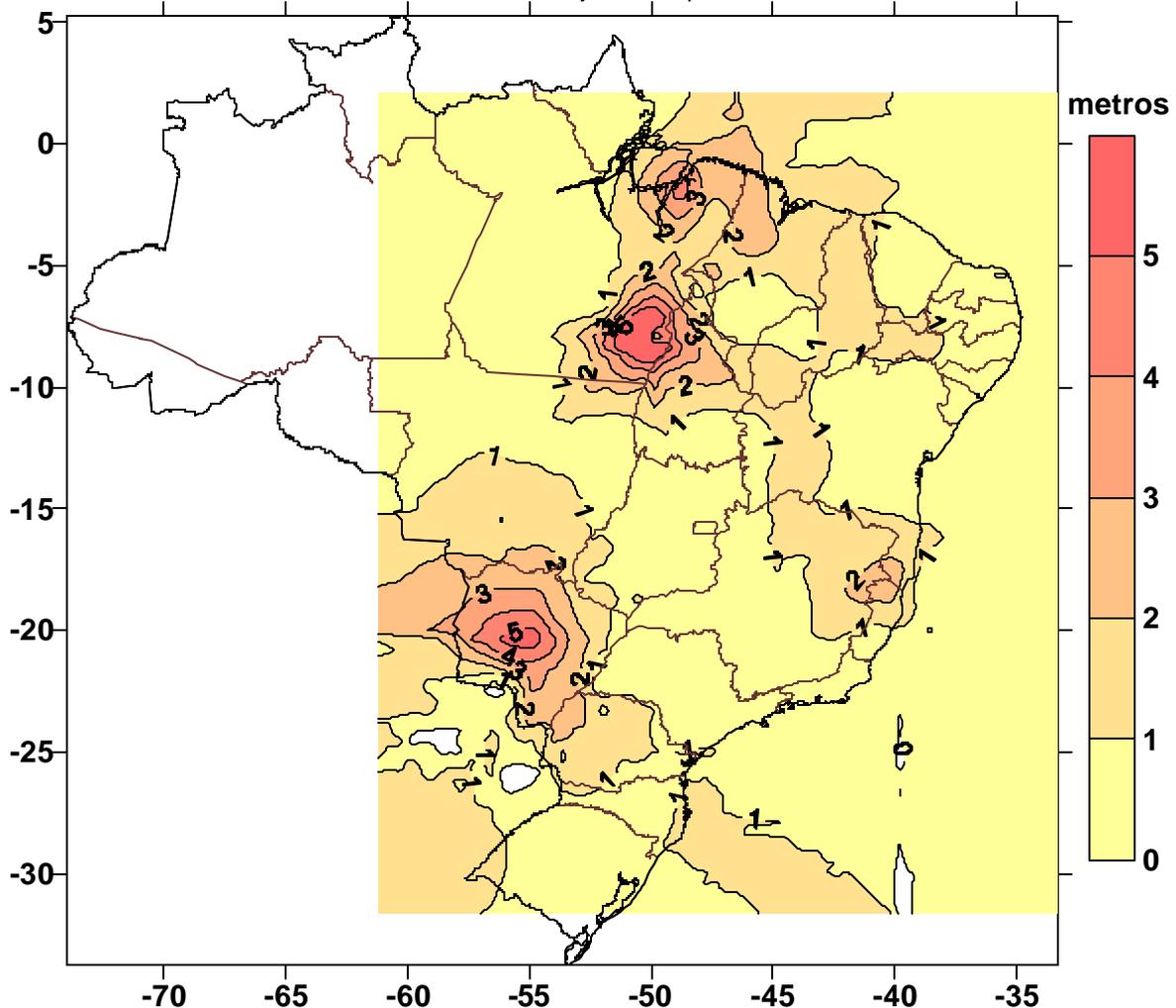
Na Tabela 11 e Figura 9 são apresentadas às estatísticas das diferenças máximas e médias encontradas entre as coordenadas da Rede Clássica transformadas de SAD 69 (realização 1996) para SIRGAS2000 e as ajustadas SIRGAS2000. As diferenças máximas foram encontradas no estado do Pará, estação 10514.

Tabela 11: Estatística das diferenças de coordenadas SAD 69 (realização 1996), transformadas para SIRGAS2000 e SIRGAS2000 ajustadas para a Rede Clássica.

| Componentes | Diferença média (metros) | Diferença Máxima (metros) | EMQ (metros) |
|-------------|--------------------------|---------------------------|--------------|
|             |                          |                           |              |

|            |       |       |       |
|------------|-------|-------|-------|
| horizontal | 0.754 | 7.601 | 0.848 |
| vertical   | -     | -     | -     |

Figura 9: Diferenças entre coordenadas SAD 69 (realização 1996) transformadas para SIRGAS2000 e SIRGAS2000 ajustadas para a Rede Clássica.



### 11.3 Rede Clássica SAD 69 (realização anterior a 1996)

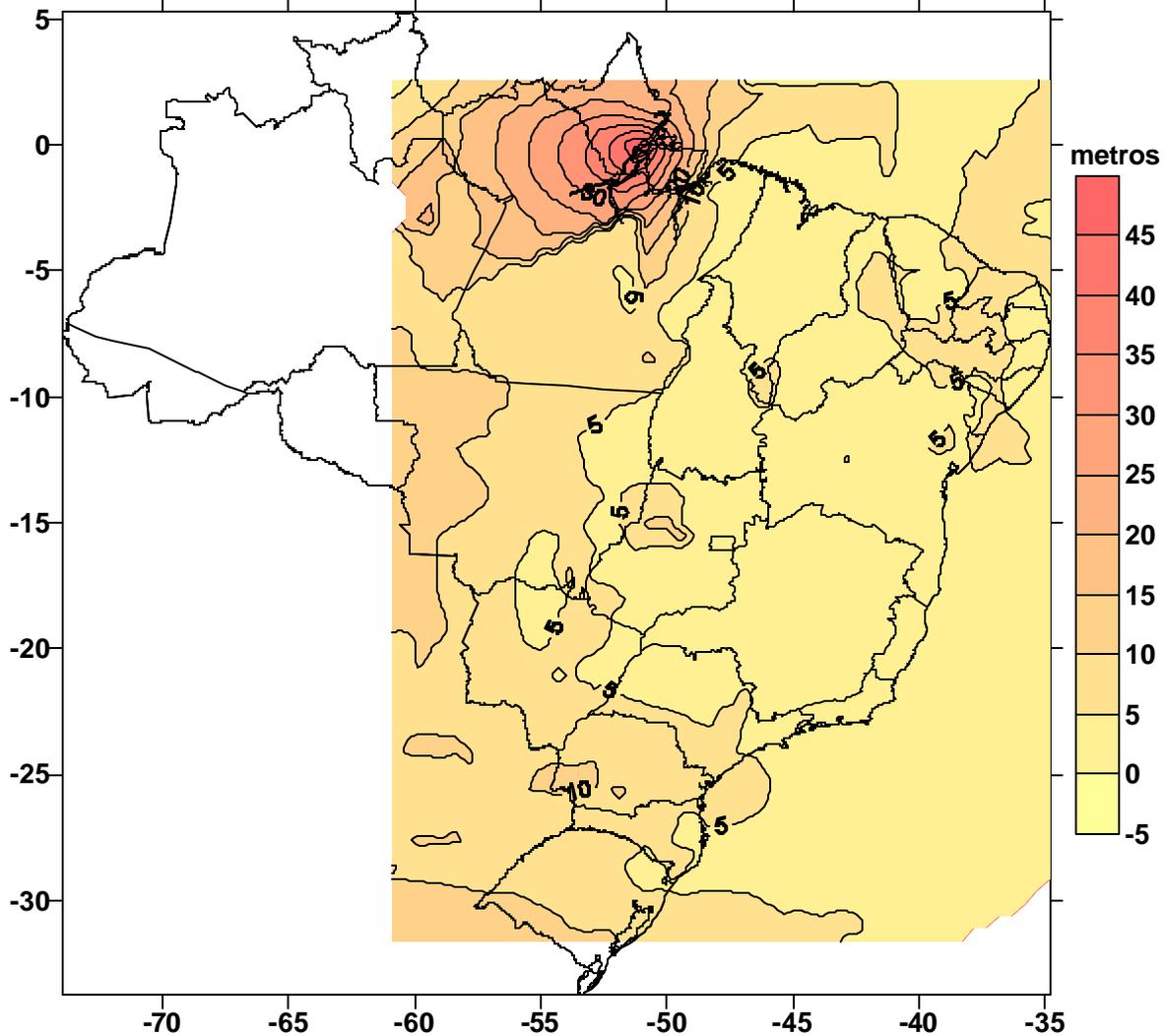
Na Tabela 12 e Figura 10 são apresentadas às estatísticas das diferenças máximas e médias encontradas entre as coordenadas da Rede Clássica transformadas de SAD 69 (realização anterior a 1996) para SIRGAS2000 e as ajustadas SIRGAS2000. As diferenças máximas foram encontradas no estado do Amapá, estação 10026. Esta diferença, da ordem de dezenas de metros ocorreu porque esta estação pertencia a uma poligonal isolada no estado do Amapá estabelecida na década de 60 cuja partida e chegada foram determinadas por astronomia. Esta poligonal foi ligada à Rede Planimétrica na década de 90 por GPS.

Tabela 12: Estatística das diferenças de coordenadas SAD 69 (realização anterior a 1996) transformadas para SIRGAS2000 e SIRGAS2000 ajustadas para a Rede Clássica.

| Componentes | Diferença média (metros) | Diferença Máxima (metros) | EMQ (metros) |
|-------------|--------------------------|---------------------------|--------------|
|-------------|--------------------------|---------------------------|--------------|

|            |       |        |       |
|------------|-------|--------|-------|
| horizontal | 4.446 | 52.218 | 2.846 |
| vertical   | -     | -      | -     |

Figura 10: Diferenças de coordenadas SAD 69 (realização anterior a 1996) transformadas para SIRGAS2000 e SIRGAS2000 ajustadas para a Rede Clássica.



## 12. INFORMAÇÕES GERAIS

1. As coordenadas SAD 69 (realização 1996) foram divulgadas através do BDG em outubro de 1996.
2. As coordenadas SIRGAS2000 Rede GPS e estações Doppler foram divulgadas através do BDG em março de 2005.
3. As coordenadas SIRGAS2000 das estações da Rede Clássica foram divulgadas através do BDG em abril de 2006.

4. As coordenadas SIRGAS2000 das estações Doppler que não participaram do ajustamento foram obtidas através dos parâmetros oficiais de transformação, apresentados na seção 11 deste relatório. As coordenadas SIRGAS2000 destas estações foram ajustadas quando coincidentes com estações da Rede Clássica ou Rede GPS.
5. As coordenadas SIRGAS2000 das estações gravimétricas e referências de nível foram obtidas através dos parâmetros oficiais de transformação, apresentados na seção 11 deste relatório.
6. Todos os resultados deste trabalho foram obtidos utilizando-se o software de ajustamento 3D GHOST (opção Helmert Blocking) [BEATTIE, 1987] na versão LINUX, atualmente em operação na Coordenação de Geodésia do IBGE. Todos os testes deste trabalho foram realizados adotando-se altitudes elipsoidais.
7. As altitudes ortométricas das estações da Rede Clássica (vértices de triangulação e estações de poligonal) não foram ajustadas. No caso destas estações, somente as componentes planimétricas (latitude e longitude). Para as estações da Rede GPS ou em outros casos de coincidência de GPS, ou Doppler, com estações da Rede Clássica, as altitudes elipsoidais também foram ajustadas.
8. As altitudes ortométricas foram obtidas a partir das elipsoidais ajustadas através da aplicação do modelo de ondulação geoidal MAPGEO2004.
9. Existem cerca de 30 estações que constam no ajuste mas não foram incluídas no BDG. O motivo desta exclusão deve-se ao fato da construção do marco não atender às normas vigentes de monumentalização (piquetes das campanhas de gravimetria) ou por serem estações localizadas em outros países da América do Sul.
10. Os resultados do ajustamento divulgados para os usuários consistem nas coordenadas ajustadas das estações e respectivos desvios padrão.
11. Além das coordenadas ajustadas de cada estação, foram também estimados como incógnitas os parâmetros auxiliares. O emprego de parâmetros auxiliares em um ajustamento combinado<sup>2</sup> tem como objetivo permitir que a orientação e a escala oriundas das observações GPS prevaleçam aos parâmetros da Rede Clássica. Portanto, em um ajustamento combinado no qual têm-se vários tipos de observações originadas de diferentes sistemas (Doppler e GPS), são determinados como incógnitas, além das correções aplicadas aos valores das coordenadas iniciais, os parâmetros auxiliares. Um exemplo simples de parâmetro auxiliar é o fator de escala atribuído a um conjunto de distâncias que possuem o mesmo erro de escala. Outro exemplo é o parâmetro de orientação que tem como função determinar o erro de orientação de um conjunto de azimutes astronômicos [NOAA, 1989]. Neste ajustamento, foram estimados 11 parâmetros, sendo 1 de orientação, 3 de translações e 7 de escala, sendo eles:

**FK5** - orientação entre a Rede Clássica (azimute astronômico) e as observações GPS.

**TRAXWGS84** - translação na componente X, entre o WGS84 - original/DOPPLER e SIRGAS2000.

**TRAYWGS84** - translação na componente Y, entre o WGS84 - original/DOPPLER e SIRGAS2000.

**TRAZWGS84** - translação na componente Z, entre o WGS84 - original/DOPPLER e SIRGAS2000.

**G66** - escala entre as bases medidas com geodímetro e as observações GPS.

**BAS** - escala entre as bases medidas com fita invar e as observações GPS.

**POSUDES** - escala entre as bases medidas com telurômetro na região sudeste e as observações GPS.

**POGOEST** - escala entre as bases medidas com telurômetro na região centro-oeste e as observações GPS.

**PONORDES** - escala entre as bases medidas com telurômetro na região nordeste e as observações GPS.

---

<sup>2</sup> No sentido que ajustam-se observações terrestres e espaciais.

**PONORTE** - escala entre as bases medidas com telurômetro na região norte/nordeste e as observações GPS.

**PONORT** - escala entre as bases medidas com telurômetro na região nordeste e as observações GPS.

A Tabela 13 apresenta os valores ajustados dos parâmetros auxiliares.

Tabela 13: Valores dos parâmetros auxiliares.

| IDENTIFICADOR | VALOR AJUSTADO | DESVIO PADRÃO |
|---------------|----------------|---------------|
| FK5           | -2.3848 (seg)  | 0.1341        |
| TRAXWGS84     | -1.0874 (m)    | 0.1840        |
| TRAYWGS84     | -0.6580 (m)    | 0.1900        |
| TRAZWGS84     | -0.7590 (m)    | 0.1054        |
| G66scale      | -3.0504 (ppm)  | 0.3715        |
| BASscale      | -1.5541 (ppm)  | 0.8908        |
| posudes       | 7.3288 (ppm)   | 0.4920        |
| pogoest       | 5.7373 (ppm)   | 0.6604        |
| ponordes      | 7.4844 (ppm)   | 0.6140        |
| ponorte       | 5.6578 (ppm)   | 0.6829        |
| ponort        | 11.7121 (ppm)  | 0.6627        |

12. As estações GPS que não foram ajustadas devido à indisponibilidade dos dados primários para o processamento são:

| CODIGO | PROJETO           |
|--------|-------------------|
| 91104  | PESQUISA GPS/UFPR |
| 91109  | PESQUISA GPS/UFPR |
| 91110  | PESQUISA GPS/UFPR |
| 91111  | PESQUISA GPS/UFPR |
| 91113  | PESQUISA GPS/UFPR |
| 91119  | PESQUISA GPS/UFPR |
| 91120  | PESQUISA GPS/UFPR |
| 91125  | PESQUISA GPS/UFPR |
| 91126  | GPS IBGE/UFPR     |
| 92517  | P C D L/X         |
| 92516  | P C D L/X         |
| 92515  | P C D L/X         |
| 92514  | P C D L/X         |
| 92513  | P C D L/X         |
| 92512  | P C D L/X         |
| 92511  | P C D L/X         |
| 92508  | P C D L/X         |
| 92509  | P C D L/X         |
| 92510  | P C D L/X         |
| 92518  | P C D L/X         |
| 92519  | P C D L/X         |
| 92520  | P C D L/X         |
| 92521  | P C D L/X         |
| 92522  | P C D L/X         |
| 92523  | P C D L/X         |
| 92524  | P C D L/X         |

|       |                  |
|-------|------------------|
| 92525 | P C D L/X        |
| 92526 | P C D L/X        |
| 92527 | P C D L/X        |
| 92528 | P C D L/X        |
| 92529 | P C D L/X        |
| 92530 | P C D L/X        |
| 92531 | P C D L/X        |
| 92532 | P C D L/X        |
| 92533 | P C D L/X        |
| 91605 | SEPE-TIARAJU/SC  |
| 91561 | POIT-01-TRINDADE |
| 91562 | POIT-01-TRINDADE |
| 91563 | POIT-1-TRINDADE  |
| 91564 | POIT-01-TRINDADE |
| 91565 | POIT-01-TRINDADE |
| 91566 | POIT-01-TRINDADE |
| 93004 | BA-50            |
| 91901 | CANANEIA         |

### 13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEATTIE, D.S.. **Program GHOST User Documentation, Geodetic Survey of Canada**, Ottawa, 1987.
- FORTES, L.P.S.. **Operacionalização da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS (RBMC)**. Dissertação de mestrado, IME, Rio de Janeiro, 1997.
- IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **SIRGAS - Relatório Final**, IAG97 Rio de Janeiro, 1997.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - **Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos em Território Brasileiro**, R.PR. nº 22/83, Boletim de Serviço 1602(Suplemento), Rio de Janeiro, 1983.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - **R.PR. nº 23/89 - Parâmetros de Transformação de Sistemas Geodésicos**, Rio de Janeiro, 1989.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Ajustamento da Rede Planimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro**. Relatório, Rio de Janeiro, 1996.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeto Mudança do Referencial Geodésico - PMRG**, <http://www.ibge.gov.br>, acessado em junho de 2006A.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeto Mudança do Referencial Geodésico - PMRG**, [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/pmrg/DOCUMENTA\\_RESOLUCAOSP\\_D.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/pmrg/DOCUMENTA_RESOLUCAOSP_D.pdf), acessado em junho de 2006B.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeto SIRGAS**, <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/sirgas/principal.htm>, acessado em junho de 2006C.
- HUGENTOBLE, U.; DACH R.. **Bernese GPS Software Version 5.0**. Astronomical Institute University of Bern, Berna, 2005.
- NOAA Professional Paper NOS 2, **North American Datum of 1983**, National Geodetic Survey, 1989.
- IGS - International GNSS Service, **IGS data and Products**, <http://igsceb.jpl.nasa.gov/>, acessado em junho de 2006.

#### **14. AGRADECIMENTO**

O presente trabalho foi conduzido no âmbito do Projeto Mudança do Referencial Geodésico (PMRG)/Projeto Infra-estrutura Geoespacial Nacional (PIGN), em especial do Grupo de Trabalho 2 "...". Agradece-se a todos que contribuíram de alguma forma à sua realização.

## ANEXO A

### CONEXÃO DE ESTAÇÕES GPS COM VT/EP

| CÓDIGO GPS | PROJETO  | UF | VT/EP | NOME               | CÓDIGO |
|------------|----------|----|-------|--------------------|--------|
| 90444      | AMAPÁ    | AP | EP    | NA-22-KM 12        | 10026  |
| 91031      | REDESP   | MG | VT    | CHUA               | 0270   |
| 91074      | GESAT    | GO | VT    | RIO VERDE          | 2503   |
| 91075      | GESAT    | GO | VT    | CANAA              | 2439   |
| 91137      | BRASÍLIA | DF | VT    | RODEADOR           | 1584   |
| 91138      | BRASÍLIA | DF | VT    | BRASÍLIA-MN        | 1586   |
| 91139      | BRASÍLIA | DF | VT    | DF-118=TAGUATINGA  | 9740   |
| 91141      | BRASÍLIA | DF | VT    | DF-95=RAJADINHA    | 9717   |
| 91142      | BRASÍLIA | DF | VT    | DF-97=PLANALTINA   | 9719   |
| 91143      | BRASÍLIA | DF | VT    | BURACÃO=DF-10      | 1497   |
| 91144      | BRASÍLIA | DF | VT    | GUELA              | 1592   |
| 91146      | BRASÍLIA | DF | VT    | BARBATIMÃO=DF-13   | 1500   |
| 91147      | BRASÍLIA | DF | VT    | DF-161=KM7,1 DF-10 | 9782   |
| 91148      | BRASÍLIA | DF | VT    | DF-93=CRUZ.PAPUDA  | 9715   |
| 91149      | BRASÍLIA | DF | VT    | DF-100=CURADO      | 9722   |
| 91150      | BRASÍLIA | DF | VT    | DF-130=GAMA SET.O  | 9752   |
| 91151      | BRASÍLIA | DF | VT    | DF-106=KM-56 DF-18 | 9728   |
| 91153      | IGSBRAS  | DF | VT    | JOÃO ROSA 1510     | 9801   |
| 91504      | CAMPRO   | RJ | VT    | CABO VICTOR        | 4065   |
| 91505      | CAMPRO   | RJ | VT    | CFN                | 4061   |
| 91508      | CAMPRO   | RJ | VT    | ARTHUR LOPES       | 4060   |
| 91512      | CAMPRO   | RJ | VT    | LIZANDRO           | 4053   |
| 91514      | CAMPRO   | RJ | VT    | RIO BONITO         | 2034   |
| 91515      | CAMPRO   | RJ | VT    | REDONDA            | 2035   |
| 91516      | CAMPRO   | RJ | VT    | JUAREZ             | 4067   |
| 91517      | CAMPRO   | RJ | VT    | ADELSON            | 4066   |
| 91518      | CAMPRO   | RJ | VT    | JOÃO LOURINHO      | 4063   |
| 91519      | CAMPRO   | RJ | VT    | MARCELO SANTIAGO   | 4064   |
| 91739      | POLIG93  | MG | VT    | VEADINHO           | 0274   |
| 91528      | POLIG93  | SC | EP    | SH-22-1000         | 11108  |
| 91534      | POLIG93  | CE | EP    | SB-24-1049         | 10985  |
| 92001      | INPE     | PA | EP    | SB-22-1006         | 10196  |
| 92002      | INPE     | CE | VT    | PREAOCA            | 1483   |
| 92500      | BRASÍLIA | DF | VT    | ROBERTO 1511       | 9802   |
| 92534      | GESAT    | GO | VT    | MORADA             | 2594   |
| 92535      | GESAT    | GO | VT    | MENEZES            | 2589   |
| 92536      | GESAT    | GO | VT    | ARIRANHA           | 2590   |
| 92537      | GESAT    | GO | VT    | ALIANÇA            | 2588   |
| 92538      | GESAT    | GO | VT    | LENITA             | 2587   |
| 92539      | GESAT    | GO | VT    | JATAI-SHIRAN       | 0059   |
| 92540      | GESAT    | GO | VT    | TELEGOIAS          | 2586   |
| 92541      | GESAT    | GO | VT    | CARVALHO           | 2585   |
| 92542      | GESAT    | GO | VT    | GUARITA            | 2583   |
| 92543      | GESAT    | GO | VT    | LAGOINHA           | 2440   |
| 92544      | GESAT    | GO | VT    | EMBRATEL           | 2501   |

|       |                       |    |    |                      |       |
|-------|-----------------------|----|----|----------------------|-------|
| 92548 | GESAT                 | GO | VT | PULGA                | 2584  |
| 93010 | BAHIA                 | DF | VT | OUTEIRO              | 8142  |
| 93011 | BAHIA                 | BA | VT | PEDREIRA             | 1371  |
| 90092 | OCUPAÇÃO RN           | BA | EP | BARREIRAS            | 10713 |
| 90170 | BRAVE 96              | RR | EP | SANTA JULIA          | 10016 |
| 90828 | MA-100                | MA | EP | EP-SB-23-5-B         | 10315 |
| 90933 | BOM JESUS DA LAPA     | BA | EP | EP-SD-23-2-2-K       | 10750 |
| 91077 | GESAT/92              | GO | VT | VT-CAPA              | 2500  |
| 91140 | REDE GPS DO DF        | DF | VT | VT-SÃO BARTOLOMEU    | 9808  |
| 91169 | RECOR                 | DF | VT | VT-LOURIVAL          | 9800  |
| 91577 | AMAPA                 | AP | EP | EP-ROSA-1961         | 10031 |
| 90751 | CACH. PAUL - SIRGAS   | SP | VT | VT-MACACO            | 0533  |
| 91591 | CDV-VITORIA/MAPLAN    | ES | VT | VT-QUATI-MIRIM       | 8283  |
| 91640 | CTA/IAE               | SP | VT | VT-JAMBEIRO          | 0540  |
| 91739 | MERIDIANO 48 GRAUS    | MG | VT | VT-VEADINHO          | 0274  |
| 91937 | MAPA GEOIDAL/RS       | RS | VT | VT-FRANCISCO VIEIRA  | 3143  |
| 91941 | MAPA GEOIDAL/RS       | RS | VT | VT-CHAPADAO          | 3145  |
| 91944 | MAPA GEOIDAL/RS       | RS | VT | VT-POTREIRO COMPRIDO | 3024  |
| 91948 | MAPA GEOIDAL/RS       | RS | VT | VT-TEIXEIRA          | 4046  |
| 92010 |                       |    | EP | SB-24-1070           | 10406 |
| 92157 | MA-100 - BURITICUPU   | MA | EP | EP-SB-23-5-D         | 10316 |
| 92166 | SIRGAS/IMPERATRIZ     | MA | EP | EP-SB-23-3-G         | 10290 |
| 92171 | UNIFOR/MAPEGEO-CE     | CE | EP | EP-SA-24-1002        | 10173 |
| 92206 | MA-100/97             | MA | EP | EP-SA-23-1-O         | 10080 |
| 92306 | SIRGAS 2000           | CE | EP | EP-SB-24-1015        | 10351 |
| 92307 | SIRGAS 2000           | CE | EP | EP-SB-24-1010        | 10346 |
| 92551 | FEMAGO/GESAT93        | GO | VT | VT-BARREIROS         | 2481  |
| 90766 | GIG91/SIRGAS CUIABA   | MT | VT | VT-ALLYRIO           | 2249  |
| 92559 | GIG91                 | MT | VT | VT-DA COSTA          | 2251  |
| 92611 | CONEXAO UNESP/UEPP    | SP | VT | VT-PRES. BERNADES    | 1017  |
| 92615 | FURNAIS/TOCANTINS     | TO | EP | EP-SD-22-1013        | 10630 |
| 92665 | CONVENIO/IBGE/FEMAGO  | GO | VT | VT-PIRINEUS          | 1528  |
| 93032 | SIRGAS/BOM J. DA LAPA | BA | EP | EP-SD-23-3-K         | 10759 |
| 93033 | REDE GPS SALVADOR     | BA | VT | VT-CAPOAMI           | 0884  |
| 93034 | REDE GPS SALVADOR     | BA | VT | VT-JACARE            | 0879  |
| 93035 | REDE GPS SALVADOR     | BA | VT | VT-SUCUPIRA          | 1362  |
| 91031 | REDE MINAS            | MG | VT | VT-CHUA              | 0270  |
| 90563 | REDE MINAS            | MG | VT | VT-FAZENDA           | 2028  |
| 91928 | REDE MINAS            | MG | VT | VT-JAMBREIRO         | 0343  |
| 92410 | PMRG-BA               | BA | VT | VT-ALMAS             | 8256  |
| 92411 | PMRG-BA               | BA | VT | VT-ERNESTINA         | 8203  |
| 92412 | PMRG-BA               | BA | VT | VT-CANTO             | 8208  |
| 92409 | PMRG-PI               | PI | EP | SC-23- 1J-1973       | 10549 |
| 92408 | PMRG-PI               | PI | EP | SC-23- 2J-1974       | 10563 |
| 92407 | PMRG-PI               | PI | EP | SC-23- 1E-1975       | 10545 |
| 90866 | PMRG-MT               | MT | VT | VT-GALERA            | 2323  |
| 90942 | PMRG-MT               | MT | VT | VT-FERNANDO ZARUR    | 2317  |
| 91254 | PMRG-MT               | MT | VT | HORIZONTE            | 2336  |
| 91255 | PMRG-MT               | MT | VT | VISTA ALEGRE         | 2328  |
| 91256 | PMRG-MT               | MT | VT | RESERVA              | 2332  |
| 91257 | PMRG-MT               | MT | VT | BELA VISTA           | 2307  |
| 90115 | PMRG-PA               | PA | EP | SA-22-4-L            | 10073 |

|       |             |    |    |                   |       |
|-------|-------------|----|----|-------------------|-------|
| 93191 | PMRG-PE     | PE | EP | SB-25-9285-01     | 10501 |
| 93192 | PMRG-PE     | PE | EP | SC-25-STO.AGO     | 10639 |
| 93193 | PMRG-PE     | PE | EP | SC-25-V-79        | 10642 |
| 90983 | PMRG-SC     | SC | VT | VT-BASE AÉREA     | 0078  |
| 92736 | PMRG-SC     | SC | EP | EP-SG-22-1052     | 11057 |
| 92737 | PMRG-SC     | SC | EP | EP-SH-22-1004     | 11093 |
| 92738 | PMRG-SC     | SC | EP | EP-SH-22-1003     | 11092 |
| 92739 | PMRG-SC     | SC | VT | VT-ANGELINA       | 0082  |
| 93631 | PMRG-MG     | MG | VT | VT-TABOQUINHA     | 1761  |
| 93632 | PMRG-MG     | MG | VT | VT-GRAÚDO         | 0618  |
| 90357 | PMRG-MG     | MG | VT | VT-PEDRA BRANCA   | 1781  |
| 90883 | REDE-MS     | MS | VT | VT-COURO          | 2460  |
| 90772 | REDE-MS     | MS | EP | SF-22-1006        | 10906 |
| 93615 | REDE-MS     | MS | EP | SF-22-1016        | 10916 |
| 93614 | REDE-MS     | MS | VT | VT-TADANO         | 2095  |
| 90014 | REDE-MS     | MS | VT | VT-INDUBRASIL     | 0664  |
| 93613 | REDE-MS     | MS | VT | VT-RINCÃO         | 0665  |
| 91258 | REDE-MS     | MS | VT | VT-TABOCA         | 2462  |
| 93522 | VT-4051     | RJ | VT | VT-ANTONIO SENA   | 4051  |
| 93678 | PMRG-ES     | BA | VT | VT-BURI           | 2025  |
| 93679 | PMRG-ES     | MG | VT | VT-ITAMBACURI MN  | 0771  |
| 93680 | PMRG-ES     | ES | VT | VT-ALVORADA       | 2029  |
| 93660 | PMRG-PR     | PR | VT | VT-RIO DAS FLORES | 2169  |
| 93658 | PMRG-PR     | PR | VT | VT-ESPIGÃO        | 1168  |
| 90764 | PMRG-SP     | SP | EP | SF-23-1006        | 10969 |
| 93775 | PMRG-PA SUL | PA | EP | SC-22-302-E       | 10515 |
| 93776 | PMRG-PA SUL | PA | EP | SC-22-306-E       | 10532 |
| 93777 | PMRG-PA SUL | PA | EP | SC-22-307-E       | 10535 |