

ITRF2000 E SUA UTILIZAÇÃO

ITRF2000 and its use

ALTENI FIDELIS PIMENTA
MARIA APARECIDA ZEHNPFENNIG ZANETTI
REGIANE DALAZOANA
REGINALDO DE OLIVEIRA

Universidade Federal do Paraná
Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas
Caixa Postal 19011 - Centro Politécnico - Jardim das Américas
CEP 81531-990 – Curitiba - PR - Brasil

RESUMO

Este artigo apresenta algumas características da nova realização do ITRS, o ITRF2000, cuja densificação deu-se através da inclusão de redes regionais com coordenadas obtidas por GPS. Transformações entre diferentes realizações do ITRS foram efetuadas através da aplicação das equações de Helmert e de Helmert generalizada, entre referenciais de mesma época e com época diferente, respectivamente. Aspectos importantes a serem considerados é a realização e a época de referência em que são fornecidos os parâmetros de transformação pelo ITRS, sendo necessária a atualização dos mesmos quando desejam-se parâmetros vinculados a uma época diferente daquela em que são fornecidos. Utilizaram-se nove estações em três diferentes placas tectônicas, e as coordenadas transformadas do ITRF2000 para as de 93 e 97 foram comparadas com as divulgadas nessas realizações, visto que os ITRF94, 96 e 97 possuem os mesmos parâmetros de transformação em relação ao ITRF2000.

ABSTRACT

This paper presents some features of ITRS new realization, the ITRF2000, whose densification happened by the inclusion of regional geodetic networks with coordinates obtained by GPS. Transformations between different realizations of the ITRS were done by the application of Helmert's equation and Helmert's generalized equation, between references of the same and different epochs, respectively. The realization and the reference time when the transformation parameters are supplied by the IERS as important aspects to be considered, being their update necessary when parameters linked to a different time from the one they are supplied are wished. Nine stations in three different tectonical plates, and the

coordinates transformed from the ITRF2000 to the 93 and 97 were compared with the divulged ones in these realizations, since ITRF94, 96 and 97 have the same transformation parameters in relation to ITRF2000.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o referencial geodésico mais preciso é o ITRS (*International Terrestrial Reference System*) cuja materialização é chamada de ITRF (*International Terrestrial Reference Frame*). A materialização do ITRS é revista periodicamente devido à variação temporal das coordenadas das estações, com isso sua denominação vem sempre acompanhada do ano em que foi estabelecido (IBGE, 2000, p.10). Já encontra-se à disposição dos interessados no endereço <http://lareg.ensg.ign.fr/> a mais recente materialização do ITRS, o ITRF2000, que consiste de um conjunto de coordenadas cartesianas, acompanhadas de suas respectivas velocidades. Fazem parte desta realização 740 estações espalhadas pelo globo, cujas coordenadas foram determinadas por uma ou mais técnicas espaciais: DORIS (*Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite*), GPS (*Global Positioning System*), LLR (*Lunar Laser Ranging*), SLR (*Satellite Laser Ranging*) e VLBI (*Very Long Baseline Interferometry*). Esta versão considera o modelo de rotação NNR-NUVEL1A (*No Net Rotation – Northwestern University VElocity model 1A*), que apesar de apresentar deficiências, impõe a condição de não existir rotação na rede global, com respeito à crosta da Terra.

Este trabalho mostra algumas peculiaridades desta nova realização do ITRS. Apresenta também, exemplos de transformação de coordenadas entre o ITRF2000 e outras materializações através da utilização de parâmetros de transformação. Porém deve-se considerar que se tratando de referenciais de alta precisão referidos a uma mesma época, utiliza-se a transformação de Helmert, e quando se tem épocas distintas entre eles, deve-se utilizar a transformação de Helmert generalizada. Neste sentido foram escolhidas 9 estações localizadas em 3 diferentes placas tectônicas, Eurásia, América do Sul e América do Norte, cujas coordenadas são conhecidas nas realizações ITRF2000 época 1997,0, doravante ITRF2000 (1997,0), ITRF97 (1997,0) e ITRF93 (1993,0), todas determinadas com a técnica GPS. Desta forma exemplifica-se detalhadamente a transformação de Helmert para a transformação de coordenadas entre o ITRF2000 e o ITRF97, que possuem a mesma época de referência e também a transformação de Helmert generalizada no caso da transformação de coordenadas entre o ITR2000 e o ITRF93 (1993), que possuem épocas de referência distintas. Como as coordenadas ITRF93 estão na época 1993,0 e os parâmetros de transformação do ITRF2000 para o ITRF93 estão na época 1988, faz-se necessária uma atualização desses parâmetros da época 1988 para a época 1993.

As coordenadas transformadas das estações, obtidas com os parâmetros de transformação, foram comparadas com as coordenadas conhecidas dessas estações no ITRF97 e ITRF93. As estações escolhidas foram Fortaleza (FORT), Santiago

(SANT) e Kourou (KOUR), localizadas na placa tectônica sul-americana; Yellowknife (YELL), Goldstone (GOLD) e Fairbanks (FAIR), na placa norte-americana e Matera (MATE), Brussels (BRUS) e Kootwijk (KOGS), na placa euro-asiática.

2. SOLUÇÃO INICIAL ITRF2000

Um dos objetivos da solução ITRF2000 foi a densificação da rede, sendo que do ITRF97 para o ITRF2000 houve um acréscimo de 174 estações, sendo 151 de redes regionais de posicionamento por GPS. O Quadro 1 mostra o número de estações no ITRF97 e ITRF2000 e as técnicas espaciais utilizadas.

QUADRO 1: ESTAÇÕES NO ITRF97 E NO ITRF2000

Técnica	ITRF97	ITRF2000	Acréscimo
DORIS	72	81	9
SLR	134	142	8
VLBI	141	147	6
GPS	219	370	151
Total	566	740	174

FONTE: < <http://lareg.ensg.ign.fr> >

As estações no Brasil determinadas através das técnicas SLR, VLBI e DORIS são as mesmas no ITRF97 e ITRF2000. Tem-se as coordenadas obtidas por SLR em Natal, Rio Grande do Norte (SLR 7929), VLBI em Fortaleza, Ceará (VLBI 7297), mais 3 estações DORIS, 2 em Rio Grande, Rio Grande do Sul (DORIS RIOA) e (DORIS RIOB) além da estação Cachoeira Paulista, São Paulo (DORIS CACB).

A contribuição no acréscimo de estações veio através da inclusão das estações GPS. Enquanto no ITRF97 eram 3 estações, em Rio Grande (GPS RIOG), Fortaleza (GPS FORT) e Brasília, Distrito Federal (GPS BRAZ), no ITRF2000 são 10, somando-se as estações em Cuiabá, Mato Grosso (GPS CUIB), Curitiba, Paraná (GPS PARA), Presidente Prudente, São Paulo (GPS UEPP), Bom Jesus da Lapa, Bahia (GPS BOMJ), Viçosa, Minas Gerais (GPS VICO), Manaus, Amazonas (GPS MANU) e Imperatriz, Maranhão (GPS IMPZ).

Os subconjuntos das posições ajustadas do ITRF2000 (1997,0) e suas velocidades estão disponíveis aos usuários na internet pelo endereço <http://lareg.ensg.ign.fr>. As redes regionais de densificação no ITRF2000 são Alaska, CORS (*Continuously Operating Reference System*), EUREF (*EUropean REference Frame*), REGAL (*REseau GPS permanent dans les Alpes*), RGP (*REseau GPS Permanent*), SCAR (*Scientific Committee on Antarctic Research*) e SIRGAS (*Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas*).

A rede geodésica européia EUREF consiste em um conjunto de estações cujas coordenadas são determinadas por GPS, DORIS, LLR, SLR E VLBI. Desde a semana GPS 834 (janeiro de 1996) a EUREF proporciona um ajustamento semanal

da rede européia, com coordenadas expressas no sistema ITRF (GATTI; STOPPINI, 2000, p.5).

O NGS (*National Geodetic Survey*) coordena a rede CORS (NGS, 2001), e contribui com 80 estações cujas posições são determinadas por GPS, nos Estados Unidos da América e seus territórios. Novas estações são avaliadas para inclusão, mensalmente, conforme critérios de seleção pré-estabelecidos.

O Sistema SIRGAS tem por objetivos definir um sistema de referência geocêntrico para as Américas e estabelecer e manter uma rede de referência. A primeira realização ocorreu através de uma campanha GPS no período de 26 de maio a 04 de junho de 1995, referida ao ITRF94 (1995,4) (IBGE 2000, p.10) e possui 58 estações, sendo que destas, 31 participam da versão ITRF2000. Na realização SIRGAS2000, cujas coordenadas encontram-se em fase de processamento, foi feita uma campanha GPS no período de 10 a 19 de maio de 2000, ocupando 184 estações nas Américas.

A rede SCAR (SCAR, 2001) colabora com um conjunto de 53 estações de diferentes países, na região Antártica.

A rede REGAL (IGN, 2001) é mantida com a colaboração científica das universidades de Nice, Grenoble, Chambéry, Montpellier, além do IGN (*Institut Géographique National*) e IPSN (*Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire*). É constituída por estações GPS em operação permanente, instaladas nos Alpes franco-italianos, com a finalidade de medir deslocamentos e identificar estruturas tectônicas, para melhor compreensão de relações sísmicas, da qual 28 estações participam do ITRF2000.

A RGP (LAREG, 2001) é uma rede de estações distribuídas regularmente sobre o território francês, coletando dados GPS continuamente, sendo que 30 integram o ITRF2000. Iniciou em 1998 no LAREG (*LABoratoire de REcherche em Géodésie*) e desde novembro de 2000 conta com o auxílio do SGN (*Service de Géodésie et de Nivellement*) do IGN.

3. TRANSFORMAÇÕES ENTRE COORDENADAS

A transformação entre referenciais geodésicos referidos a uma mesma época, mais especificamente entre o ITRF2000 e o ITRF97 (1997,0) pode ser realizada através da transformação de Helmert que tem como modelo matemático a seguinte equação (LAREG, 2001):

$$\begin{bmatrix} X_{ITRF97} \\ Y_{ITRF97} \\ Z_{ITRF97} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{ITRF2000} \\ Y_{ITRF2000} \\ Z_{ITRF2000} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} D & -R_3 & R_2 \\ R_3 & D & -R_1 \\ -R_2 & R_1 & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{ITRF2000} \\ Y_{ITRF2000} \\ Z_{ITRF2000} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

onde:

- X_{ITRF97} , Y_{ITRF97} e Z_{ITRF97} são as coordenadas cartesianas de um ponto P no referencial ITRF97, dadas em metros;

- $X_{ITRF2000}$, $Y_{ITRF2000}$ e $Z_{ITRF2000}$ são as coordenadas cartesianas de um ponto P no referencial ITRF2000, dadas em metros;
- D é o fator de escala entre os dois referenciais, adimensional;
- R_i para $i=1,2,3$ são as rotações diferenciais em torno dos eixos X, Y e Z, dadas em radianos;
- T_i para $i=1,2,3$ são as translações em X,Y e Z entre os dois referenciais, dadas em metros.

No caso dos referenciais possuírem épocas distintas, existe a necessidade de considerar a taxa de variação das coordenadas com relação ao tempo. Neste caso a transformação de Helmert não é suficiente e aplica-se a transformação de Helmert generalizada. A aplicação da transformação de Helmert generalizada toma as coordenadas de um ponto P associadas a um referencial ITRFyy, numa época de referência (t_0), permitindo a obtenção das coordenadas deste ponto referenciadas a um ITRFzz numa outra época de referência (t). Portanto, utilizou-se a transformação de Helmert generalizada para transformar coordenadas de vértices ITRF2000 (1997,0) para ITRF93 (1993,0). O modelo matemático da transformação de Helmert generalizada é dado através da seguinte equação (LAREG, 2001).

$$\begin{aligned} \vec{X}_{ITRFzz}(t) = & \vec{T} + (1 + D)([\varepsilon] + [I]) \left[\vec{X}_{ITRFyy}(t_0) + \vec{V}_{ITRFyy}(t_0)(t - t_0) \right] + \\ & + \left[\dot{T} + \left[(1 + D) \left[\dot{\varepsilon} \right] + \dot{D}([\varepsilon] + [I]) \right] \vec{X}_{ITRFyy}(t_0) \right] (t - t_0) \end{aligned} \quad (2)$$

onde:

- $\vec{X}_{ITRFzz}(t)$ é o vetor das coordenadas cartesianas de um ponto P no referencial ITRFzz na época t (ITRF93 (1993,0)), em metros;
- $\vec{X}_{ITRFyy}(t_0)$ é o vetor das coordenadas cartesianas de um ponto P no referencial ITRFyy na época t_0 (ITRF2000 (1993,0)), em metros;
- D é o fator de escala entre os dois referenciais, adimensional;
- \vec{T} é o vetor das translações em X,Y e Z entre os dois referenciais, dadas em metros;
- $[\varepsilon]$ é a matriz das rotações diferenciais em torno dos eixos X, Y e Z, dadas em radianos;
- [I] é a matriz identidade;
- $\vec{V}_{ITRFyy}(t_0)$ é o vetor velocidade do ponto P de coordenadas \vec{X}_{ITRFyy} na época t_0 , em metros $\times 10^{-9}$ ano;
- $(t - t_0)$ é o intervalo de tempo expresso em anos (1993,0 – 1997,0);

- $\dot{T}, \begin{bmatrix} \dot{\varepsilon} \\ \dot{R} \end{bmatrix}, \dot{D}$ são as variações em translação, rotação e fator diferencial de escala no

ITRFyy com relação ao tempo.

Pode-se observar que se os dois referenciais possuírem a mesma época de referência, ou seja $t = t_0$, a equação (2) reduz-se à equação (1). Para a resolução da equação (2) a soma $[\varepsilon] + [I]$ é dada da seguinte forma:

$$[\varepsilon] + [I] = \begin{bmatrix} 1 & -R_3 & R_2 \\ R_3 & 1 & -R_1 \\ -R_2 & R_1 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Para a transformação de Helmert generalizada também deve ser conhecida a velocidade da estação. De acordo com MONICO (2000, p.92), nos casos em que uma realização particular não proporciona as componentes da velocidade da estação, deve-se fazer uso da teoria de placas tectônicas, utilizando o modelo recomendado pelo IERS. Atualmente, o modelo recomendado é o NNR-NUVEL-1A. A utilização das velocidades angulares provenientes deste modelo geofísico, fornecem uma boa aproximação para o vetor velocidade através da seguinte expressão (MONICO, 2000, p. 95):

$$\vec{V}_A \cong [\Omega] \vec{X}_A, \quad (4)$$

onde:

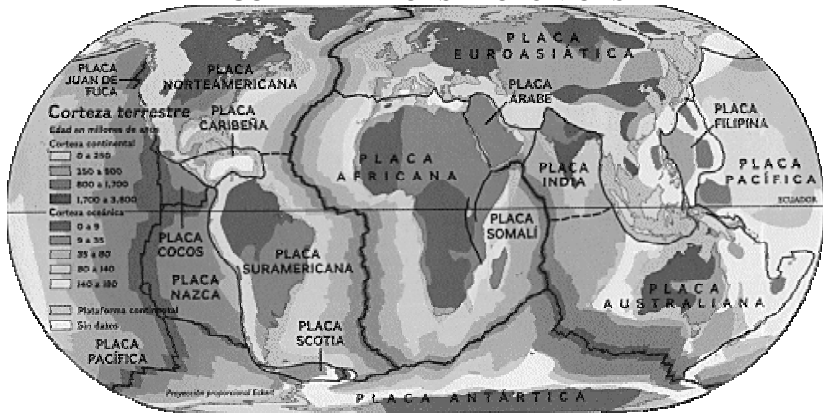
- \vec{V}_A é o vetor velocidade referenciado a uma rede denominada A, em metros $\times 10^9$ ano;
- \vec{X}_A é o vetor das coordenadas cartesianas referenciado a uma rede denominada A, em metros;
- $[\Omega]$ é uma matriz anti-simétrica dada por:

$$[\Omega] = \begin{bmatrix} 0 & -\Omega_z & \Omega_y \\ \Omega_z & 0 & -\Omega_x \\ -\Omega_y & \Omega_x & 0 \end{bmatrix}, \quad (5)$$

onde as componentes dos vetores de rotação de Euler $\Omega_x, \Omega_y, \Omega_z$ descrevem o movimento relativo das placas tectônicas e são expressas em $\text{rad} \times 10^{-9}$ ano.

Segundo o modelo NNR-NUVEL-1A, a Terra está dividida em várias placas tectônicas, conforme Figura 1.

FIGURA 1 – PLACAS TECTÔNICAS



FONTE: www.hq.satlink.com/ushuaia/funcardio/seismo.htm

Os vetores de rotação das placas utilizadas no trabalho, estão apresentados no Quadro 2.

QUADRO 2 – VETOR DE ROTAÇÃO

PLACA	Ω_x (rad×10 ⁻⁹ /ano)	Ω_y (rad×10 ⁻⁹ /ano)	Ω_z (rad×10 ⁻⁹ /ano)
Eurásia	-0,981	2,395	3,153
América do Norte	0,258	3,599	-0,153
América do Sul	-1,038	-1,515	-0,870

FONTE: < <http://lareg.ensg.ign.fr> >

3.1 Transformações entre Coordenadas do ITRF2000 (1997,0) para Coordenadas nas Realizações ITRF93 (1993,0) e ITRF97 (1997,0)

Para a transformação entre coordenadas do ITRF2000 para o ITRF97 utilizou-se a transformação de Helmert, já que ambos possuem a mesma época de referência, 1997,0. A transformação de Helmert generalizada foi utilizada para a transformação entre o ITRF2000 (1997,0) e o ITRF93 (1993,0). O Quadro 3 apresenta os parâmetros de transformação entre o ITRF2000 e os ITRF93 e ITRF97 e o Quadro 4 a taxa de variação desses com relação ao tempo.

QUADRO 3 – PARÂMETROS DE TRANSFORMAÇÃO ENTRE O ITRF2000 E OS ITRF93 E ITRF97

Solução Época	Parâmetros						
	T ₁	T ₂	T ₃	D	R ₁	R ₂	R ₃
	(cm)			(ppb)	(0,001'')		
ITRF97 (1997,0)	0,67	0,61	-1,85	1,55	0,00	0,00	0,00
ITRF93 (1988,0)	1,27	0,65	-2,09	1,95	-0,39	0,80	-1,14

FONTE: < <http://lareg.ensg.ign.fr/pub/itrf/ITRF.TP> >

QUADRO 4 - TAXAS DE VARIAÇÃO TEMPORAL ENTRE O ITRF2000 E OS ITRF93 E ITRF97

Solução Época	Taxas de Variação Temporal						
	T ₁	T ₂	T ₃	D	R ₁	R ₂	R ₃
	(cm/ano)			(ppb/ano)	(0,001"/ano)		
ITRF97 (1997,0)	0,00	-0,06	-0,14	0,00	0,00	0,00	0,02
ITRF93 (1988,0)	-0,29	-0,02	-0,06	0,00	-0,11	-0,19	0,07

FONTE: <ftp://lareg.ensg.ign.fr/pub/itrf/ITRF.TP>

No Quadro 3 os parâmetros entre o ITRF2000 e o ITRF93 referem-se ao ITRF93 (1988,0), porém, como o que se deseja é a obtenção de coordenadas ITRF93 (1993,0), faz-se necessária uma atualização de parâmetros. Para esse fim utiliza-se a seguinte equação:

$$P(t) = P(E) + \dot{P}(t - E), \quad (6)$$

onde:

- E é a época de referência indicada do ITRF, indicada na 1ª coluna do Quadro 3;
- \dot{P} é a taxa de variação do parâmetro;

Foram escolhidas 9 estações, de forma que suas coordenadas fossem conhecidas em todas as realizações do ITRS consideradas nesse trabalho. As coordenadas ITRF2000 destas estações foram transformadas para ITRF97 e ITRF93 e então comparadas com as coordenadas divulgadas para o ITRF97 e ITRF93.

4. EXEMPLIFICAÇÃO DOS CÁLCULOS, RESULTADOS E COMPARAÇÕES

4.1 Transformação de Coordenadas do ITRF2000 para ITRF97 da Estação Fortaleza

Como o ITRF2000 e o ITRF97 possuem a mesma época de referência (1997,0), a transformação indicada é a de Helmert, conforme equação (1). Os parâmetros de translação (T₁, T₂ e T₃), rotação (R₁, R₂ e R₃) e o fator diferencial de escala (D) estão apresentados no Quadro 3. As coordenadas ITRF2000 (1997,0) da estação Fortaleza são:

$$X_{\text{ITRF2000}} = 4\,985\,386,627 \text{ m}$$

$$Y_{\text{ITRF2000}} = -3\,954\,998,587 \text{ m}$$

$$Z_{\text{ITRF2000}} = -428\,426,482 \text{ m}$$

Aplicando os valores acima na equação (1), as coordenadas calculadas ITRF97 para a estação Fortaleza foram:

$$X_{\text{ITRF97}} = 4\,985\,386,641 \text{ m}$$

$$Y_{ITRF97} = -3\,954\,998,587 \text{ m}$$

$$Z_{ITRF97} = -428\,426,501 \text{ m}$$

Comparando as coordenadas calculadas ITRF97 com as divulgadas ITRF97, obtiveram-se as seguintes diferenças:

$$dx = X_{DIVULGADO} - X_{CALCULADO} = -0,001 \text{ m}$$

$$dy = Y_{DIVULGADO} - Y_{CALCULADO} = -0,003 \text{ m}$$

$$dz = Z_{DIVULGADO} - Z_{CALCULADO} = 0,001 \text{ m}$$

4.2 Transformação de Coordenadas do ITRF2000 para ITRF93 da Estação Fortaleza

Como as épocas de referência do ITRF2000 e do ITRF93 são distintas, a transformação indicada é a de Helmert generalizada, conforme equação (2). Os parâmetros de translação (T_1 , T_2 e T_3), rotação (R_1 , R_2 e R_3) e o fator diferencial de escala (D) apresentados no Quadro 3, referem-se ao ITRF93 (1988,0), foram atualizados ao ITRF93 (1993,0) com a aplicação da equação (6). As velocidades das estações foram obtidas através do modelo NNR-NUVEL-1A, cujos valores das componentes dos vetores de rotação de Euler, em função da placa tectônica, estão apresentados no Quadro 2. Esses valores aplicados na equação (4) fornecem o vetor velocidade da estação de interesse. Então, tem-se:

$$\vec{T} = \begin{bmatrix} -0,0018 \\ 0,0055 \\ -0,0239 \end{bmatrix}; D = 2,00 \times 10^{-9}; \vec{X}_{ITRF2000} = \begin{bmatrix} 4985386,627 \\ -3954998,587 \\ -428426,482 \end{bmatrix};$$

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \varepsilon = 10^{-9} \begin{bmatrix} 0 & 3,830030 & -0,727220 \\ -3,83003 & 0 & 4,55725 \\ 0,72722 & -4,55725 & 0 \end{bmatrix};$$

$$\vec{V}_{ITRF00(97)} = \begin{bmatrix} -0,00279178265046 \\ -0,004781993053806 \\ 0,011658149273211 \end{bmatrix}; (t - t_0) = (1993 - 1997); \dot{T} = \begin{bmatrix} -0,0029 \\ -0,0002 \\ -0,0006 \end{bmatrix};$$

$$\dot{\varepsilon} = 10^{-9} \begin{bmatrix} 0 & -0,33936957677668 & -0,92114599410812 \\ 0,33936957677668 & 0 & 0,53329504922049 \\ 0,92114599410812 & -0,53329504922049 & 0 \end{bmatrix}; \dot{D} = 0;$$

As coordenadas calculadas ITRF93 (1993,0) para a estação Fortaleza foram:

$$\begin{aligned} X_{ITRF93} &= 4\,985\,386,636\text{ m} \\ Y_{ITRF93} &= -3\,954\,998,596\text{ m} \\ Z_{ITRF93} &= -428\,426,556\text{ m} \end{aligned}$$

Comparando as coordenadas calculadas ITRF93 com as divulgadas ITRF93, obtiveram-se as seguintes diferenças:

$$\begin{aligned} dx &= X_{DIVULGADO} - X_{CALCULADO} = -0,170\text{ m} \\ dy &= Y_{DIVULGADO} - Y_{CALCULADO} = -0,015\text{ m} \\ dz &= Z_{DIVULGADO} - Z_{CALCULADO} = -0,210\text{ m} \end{aligned}$$

4.3 Resultados e Comparações

O procedimento de cálculo descrito nos itens 4.1 e 4.2 foi realizado para as 9 estações escolhidas. As Figuras 2 e 3 apresentam no eixo das ordenadas as diferenças dx, dy, dz e no eixo das abscissas as estações de estudo.

FIGURA 2 – DIFERENÇAS ENTRE COORDENADAS CALCULADAS E DIVULGADAS – ITRF93

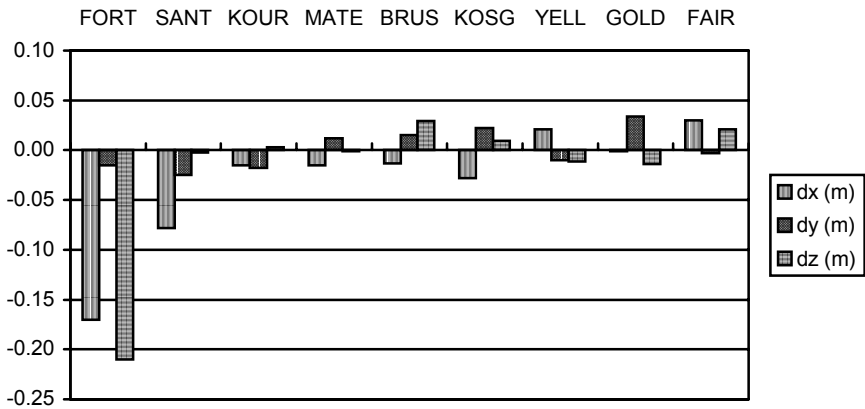
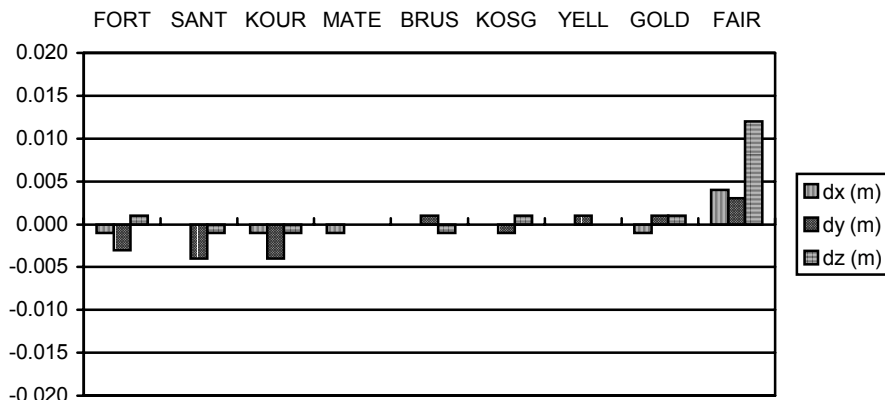


FIGURA 3 – DIFERENÇAS ENTRE COORDENADAS CALCULADAS E DIVULGADAS – ITRF97



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

Verifica-se na Figura 2 que as diferenças encontradas para o ITRF93 são na maioria de ordem centimétrica e para a estação Fortaleza, decimétrica. Já na Figura 3, somente a coordenada Z da estação FAIR atingiu a casa do centímetro permanecendo todas as outras na casa do milímetro. Tal fato sugere uma maior compatibilidade entre o ITRF97 e o ITRF2000. Contudo é prudente realizar as transformações para um maior número de estações, efetuando uma análise estatística para melhores conclusões.

Salienta-se a importância da atualização dos parâmetros de transformação para a época desejada, uma vez que os valores tabelados podem encontrar-se referidos a uma época qualquer.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Paraná através do CPGCG e ao Prof. Luis Danilo D. Ferreira pelas sugestões.

REFERÊNCIAS

- GATTI, M.; STOPPINI, A. Appropriate use of international reference frames in regional GPS applications: guidelines and examples. **Bolletino di Geodesia e Scienze Affini**, n. 1, p. 1-18, 2000.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Proposta Preliminar para a Adoção de um Referencial Geocêntrico no Brasil**. Documento Preliminar – texto para discussão. Grupos de Trabalho I e II. Rio de Janeiro, Outubro de 2000. 30 p.
- IGN. **REGAL**. Disponível em: < <http://kreiz.unice.fr/regal> > Acesso em: 01 set. 2001.

LAREG. **ITRF**. Disponível em: < <ftp://lareg.ensg.ign.fr/pub/itrf/ITRF.TP>> Acesso em: 05 set. 2001.

LAREG. **ITRF**. Disponível em: < <http://lareg.ensg.ign.fr/ITRF>> Acesso em: 01 set. 2001.

LAREG. **RGP**. Disponível em: < <http://lareg.ensg.ign.fr/RGP>> Acesso em: 01 set. 2001.

MONICO, J.F.G. **Posicionamento pelo NAVSTAR – GPS**. 1 ed. São Paulo: Editora UNESP, 2000.

NGS. **CORS**. Disponível em: < <http://www.ngs.noaa/CORS/>> Acesso em: 01 set. 2001.

SATLINK. **Seísmo actual en América Del Sur y zona de influencia**. Disponível em: < www.hq.satlink.com/ushuaia/funcardio/seismo.htm> Acesso em: 20 set. 2001.

SCAR. **SCAR**. Disponível em: < <http://www.scar.org>> Acesso em: 01 set. 2001.

(Recebido em 02/02. Aceito para publicação em 06/02.)