

# Implicações Cartográficas e Cadastrais das Diferentes Realizações do Sad-69 no Paraná

Prof. Dr. Sílvio Rogério Correia de Freitas <sup>1</sup>  
Eng<sup>a</sup> Regiane Dalazoana <sup>2</sup>

Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas  
Universidade Federal do Paraná

<sup>1</sup> ✉ sfreitas@cce.ufpr.br

<sup>2</sup> ✉ regiane@geoc.ufpr.br

<b>Conteúdo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aspectos das Realizações do SAD-69</li> <li>2. As diferentes realizações do SAD-69 no Paraná</li> <li>3. A Rede Geodésica GPS de Alta Precisão do Estado do Paraná</li> <li>4. Implicações das Diferentes Redes e Realizações do SGB para a Cartografia e Cadastro no Paraná</li> <li>5. Conclusões e Recomendações</li> <li>6. Referências Bibliográficas</li> </ol>
-----------------	---

**Resumo :** O Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) é definido com base no Elipsóide de Referência Internacional 1967, e orientação no Datum Chuá. Tal definição foi denominada de SAD-69 (South American Datum 1969). A sua realização inicial foi baseada no reajustamento das estações convencionais do SGB. Alguns pontos da rede clássica foram ocupados com o Sistema TRANSIT, gerando os parâmetros de transformação, atualmente em uso, entre o SAD-69 e o WGS-84. A partir de 1994, começaram a ser implantadas no Brasil, redes GPS estaduais de alta precisão, vinculadas ao SAD-69. Em 1996 foi promovido um reajustamento de toda a rede do SGB, consistindo em uma nova realização do SAD-69, onde pontos da realização anterior sofreram variações em suas coordenadas de até 15m. Com este trabalho, visa-se discutir as implicações da definição inicial dos parâmetros de transformação SAD-69 e WGS-84 e das diferentes realizações do SAD-69 para os trabalhos cartográficos.

**Palavras chave :** realização de sistemas geodésicos de referência; parâmetros de transformação entre sistemas geodésicos.

**Abstract :** The Brazilian Geodetic System (BGS) is defined with basis in the 1967 International Reference Ellipsoid and topocentric orientation at Chuá. This definition is called SAD-69 (South American Datum 1969). It's initial realization was based on re-adjustment of conventional stations belonging to the BGS. Some points of the classical network were observed with the TRANSIT system, generating transformation parameters between the SAD-69 and WGS84. New high precision GPS stations, forming Brazilian state networks linked to SAD-69, started to be implanted in 1994. A new adjustment of the whole BGS network was performed in 1996, forming a new realization of SAD-69, that pointed out variations in coordinates up 15m related to the previous realization. The aim of this paper to discuss the implications of initial definition of transformation parameters between SAD-69 and WGS84 and to analyze the implication of different realization of SAD-69 in cartographic works.

**Keywords :** realization of geodetic reference systems; transformation parameters between geodetic systems

## 1. Aspectos das Realizações do SAD-69

O Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) atualmente vigente, é definido com base no Elipsóide de Referência Internacional 1967. Na sua definição foi adotado o semi-eixo maior  $a = 6378160\text{m}$  e achatamento aproximado para o valor  $\alpha = 1:298,25$ . A sua orientação parcialmente arbitrária é definida pelos parâmetros topocêntricos de deflexão da vertical ( $\xi = 0,31''$  e  $\eta = -3,52''$ ) e ondulação do geóide ( $\Delta N = 0\text{m}$ ) no Datum Chuá (lat.  $19^\circ 45' 41,6527''$  S e long.  $48^\circ 06' 04,0639''$  W). O azimute de partida é o da base Chuá-Uberaba ( $A = 271^\circ 30' 04,05''$ ) (IBGE, 1983). Tal definição foi denominada de SAD-69 (South American Datum 1969).

No final da década de 70, o SAD-69 foi oficialmente adotado como Sistema Geodésico de Referência no Brasil (SGB). A sua realização inicial foi baseada na transformação de coordenadas dos pontos da Rede Geodésica Brasileira, constituída até então de pontos posicionados por procedimentos clássicos de triangulação, trilateração e poligonação e referidos ao Datum Córrego Alegre e Elipsóide de Hayford 1909, adotado como o de Referência Internacional 1930. Esta transformação foi obtida pela definição dos novos parâmetros de orientação já apresentados, com base principalmente no melhor ajustamento entre as altitudes elipsóidicas e ortométricas nas bordas oceânicas, e na mudança de Datum e do elipsóide de referência (FISCHER, 1973). O novo SGB, mesmo não sendo geocêntrico, apresenta como características uma orientação mais próxima dos sistemas globais, facilitando a transformação de suas coordenadas para estes sistemas e vice-versa.

Posteriormente, alguns pontos da rede clássica, foram reocupados com o Sistema TRANSIT, gerando os parâmetros de transformação (IBGE, 1989), atualmente em uso, do SAD-69 para o World Geodetic System 1984 (WGS-84), o qual é base do GPS-NAVSTAR (NIMA, 1997):

$$\Delta X = -66,87 \text{ m } (\pm 0,43 \text{ m});$$

$$\Delta Y = 4,37 \text{ m } (\pm 0,44\text{m});$$

$$\Delta Z = -38,52 \text{ m } (\pm 0,40\text{m})$$

Cabe ser lembrado que a precisão relativa das linhas de base entre pontos da rede clássica (COSTA, 1999), está em torno de 10 a 20 ppm (60% das linhas analisadas). A partir de 1994, com uma efetiva aplicação do GPS, começaram a ser implantadas redes estaduais de alta precisão, vinculadas ao SAD-69, com precisões relativas das linhas de base melhores que 1ppm. Em 1996 foi



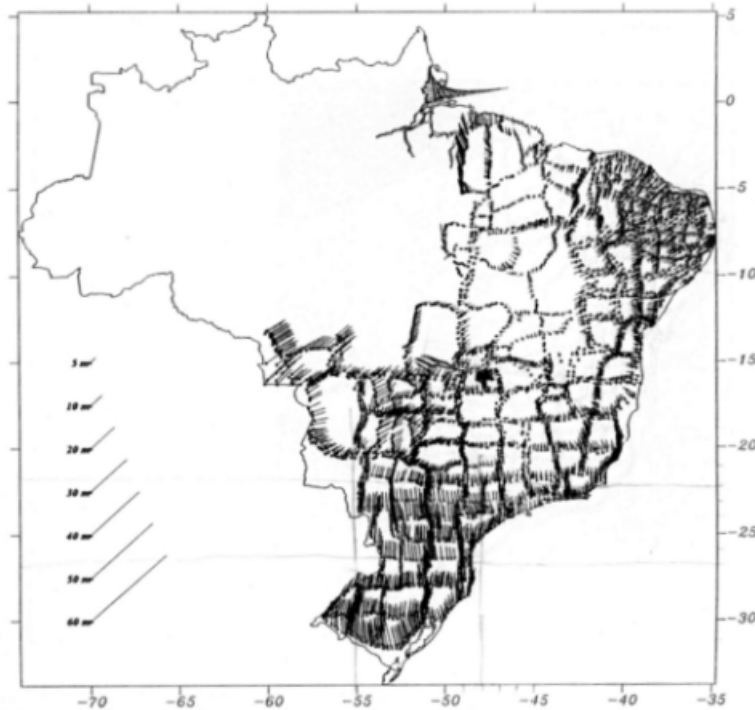
91578	Foz do Iguaçu	25 25 10.15191	54 34 05.34608	230.20	25 25 10.152410	54 34 05.343880	230.3588
91642	Curitiba	25 25 58.53740	49 20 24.61849	955.54	25 25 58.538584	49 20 24.616238	955.5862
91643	Ponta Grossa	25 05 41.64421	50 06 16.74381	914.60	25 05 41.645369	50 06 16.739695	915.0740
91644	Jaguariaíva	24 14 29.06792	49 42 15.62844	918.12	24 14 29.068120	49 42 15.626150	918.7239
91645	Joaquim Távora	23 30 17.28382	49 56 45.16724	516.46	23 30 17.283849	49 56 45.163250	516.9136
91646	Ortigueira	24 12 04.35130	50 55 55.36803	768.59	24 12 04.351867	50 55 55.364331	768.8707
91647	Londrina	23 19 20.05643	51 12 05.98103	586.44	23 19 20.056452	51 12 05.977423	586.8741
91648	Maringá	23 24 19.46150	51 55 58.79631	544.36	23 24 19.461993	51 55 58.791273	544.5463
91649	Iretama	24 25 12.64874	52 07 19.12354	580.03	24 25 12.649243	52 07 19.118659	579.9752
91650	Paranavaí	23 05 32.10576	52 26 26.53297	470.32	23 05 32.106047	52 26 26.537855	470.1478
91651	Goioere	24 09 51.18984	53 01 56.79544	448.69	24 09 51.190178	53 01 56.793009	448.6174
91652	Querência do Norte	23 04 06.73041	53 28 46.68048	329.50	23 04 06.729962	53 28 46.679505	329.6304
91653	Guaira	24 04 50.13923	54 15 40.56262	233.57	24 04 50.140432	54 15 40.569525	234.2930
91654	Toledo	24 46 46.16390	53 43 26.99064	472.01	24 46 46.174258	53 43 27.001433	472.1080
91655	Francisco Beltrão	26 03 31.95745	53 03 53.33140	651.60	26 03 31.992277	53 03 53.380351	652.0574
91656	Laranjeiras do Sul	25 25 26.74312	52 24 41.85223	881.22	25 25 26.735847	52 24 41.863150	881.7493
91657	Clevelândia	26 24 57.76798	52 20 55.69603	972.69	26 24 57.815099	52 20 55.766398	973.7498
91658	Guarapuava	25 21 14.82925	51 27 56.90550	1067.69	25 21 14.828012	51 27 56.905779	1067.9386
91659	Bituruna	26 09 42.31540	51 32 12.52743	894.13	26 09 42.326560	51 32 12.508739	894.9662
91660	São Mateus do Sul	25 51 34.61574	50 23 48.85953	793.17	25 51 34.621123	50 23 48.865778	793.4210

**Tabela 2:** Diferenças entre as Coordenadas Cartesianas

Descrição	Diferenças cartesianas	Vector Deslocamento			
Ponto	Local	$\delta X$ (m)	$\delta Y$ (m)	$\delta Z$ (m)	r (m)
91578	Foz do Iguaçu	0,129417	-0,075839	-0,082061	0,170980
91642	Curitiba	0,064732	0,021228	-0,052749	0,086158
91643	Ponta Grossa	0,354093	-0,243763	-0,233334	0,489128
91644	Jaguariaíva	0,403771	-0,376275	-0,253562	0,607378
91645	Joaquim Távora	0,354104	-0,245268	-0,181726	0,467515
91646	Ortigueira	0,237909	-0,127431	-0,130984	0,299994
91647	Londrina	0,329480	-0,246251	-0,172482	0,446034
91648	Maringá	0,214306	-0,041672	-0,087925	0,235360
91649	Iretama	0,073982	0,128870	0,008563	0,148843
91650	Paranavaí	-0,208885	0,043562	0,059417	0,221497
91651	Goioere	0,012439	0,097595	0,020230	0,100443
91652	Querência do Norte	0,096915	-0,084239	-0,038415	0,134031
91653	Guaira	0,218410	-0,637458	-0,328764	0,749761
91654	Toledo	-0,270842	-0,143438	-0,330461	0,450705
91655	Francisco Beltrão	-1,123763	-0,769786	-1,163871	1,791650
91656	Laranjeiras do Sul	0,108370	-0,641120	-0,025077	0,650698
91657	Clevelândia	-1,358526	-1,431968	-1,770425	2,651515
91658	Guarapuava	0,144017	-0,193356	-0,072021	0,251624
91659	Bituruna	0,779147	-0,146158	-0,676996	1,042476
91660	São Mateus do Sul	-0,036137	-0,229259	-0,258565	0,347450
Média	0,026147	-0,267101	-0,288560		
Desvio Padrão	0,477554	0,356834	0,435508		

#### 4. Implicações das Diferentes Redes e Realizações do SGB para a Cartografia e Cadastro no Paraná

Com o reajustamento do RGB em 1996, foram geradas novas coordenadas para as estações da rede GPS de alta precisão no Paraná e também para as estações da rede clássica. Para a rede GPS de alta precisão, conforme pode ser constatado nas tabelas 1 e 2, existem variações completamente aleatórias entre os valores iniciais e os reajustados. Da tabela 1 constata-se que a mínimas variações em latitude e longitude ocorreram no ponto Curitiba, respectivamente de 0,0012" (3,6cm) e 0,0023" (6,8 cm) e da tabela 2, um deslocamento total de 8,6 cm. As máximas variações de latitude e longitude ocorreram no ponto Clevelândia, respectivamente de 0,0471" (141,4cm) e 0,0704" (211,1 cm) e da tabela 2, um deslocamento total de 265,2 cm. Já para o reajustamento da rede clássica os módulos dos vetores de variação das coordenadas assumem amplitudes sistemáticas em relação ao Datum Chuá de cerca de 15m como pode ser visualizado na Figura 1 extraída de IBGE (1996). Cabe ser lembrado que de acordo com IBGE (1983), as redes clássicas foram definidas para apresentarem precisão melhor que 20 ppm nas posições relativas ao nível de confiança de 95%. Também cabe ser destacado que mesmo após o reajustamento desta rede, sua característica de precisão permanece a mesma, em vista dos materiais e métodos empregados.



**Fig.1** : Vetores de Deslocamento Horizontal da RGB SAD69/96 Relativamente ao SAD69

Após o reajustamento da RGB, novas redes GPS derivadas, até mesmo redes empregadas para o apoio à cartografia, ora foram implantadas a partir de pontos da rede clássica, ora da rede GPS de alta precisão, ora de forma mista e vinculadas ora à antiga, ora à nova realização do SAD-69. Em vista desta situação, é justificada a preocupação dos autores no sentido de caracterizar cada uma das redes e produtos derivados, principalmente pela falta de conhecimento dos usuários relativamente às transformações ocorridas. Assim, em um encaminhamento de solução dos impasses evidenciados, buscou-se inicialmente o estabelecimento de uma base de dados geodésicos para o Estado do Paraná (Jordan et al., 1998), com qualificação principalmente dos produtos derivados, visando respostas às questões: a) a que rede e a que realização do SAD-69 o produto está vinculado? b) qual a precisão esperada para a base geodésica do produto? c) existem implicações para os usuários na escala adotada para o produto derivado? Estas questões podem ser analisadas em vista das variações das coordenadas evidenciadas nas tabelas 1 e 2 e também em vista da escala do produto, conforme a tabela 3.

**Tabela 3** : Distorções Máximas Admitidas na Rede para uma Distorção de 0,2mm no Produto

ESCALA DO PRODUTO	DISTORÇÃO ADMISSÍVEL NA REDE
1:250.000	50 m
1:100.000	20 m
1:50.000	10 m
1:25.000	5 m
1:10.000	2 m
1:2.000	40 cm
1:1.000	20 cm
1:500	10 cm

Recente estudo realizado por COSTA (1999), baseado na integração da RGB ao SIRGAS, com base nas estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC), as quais participaram da campanha SIRGAS em 1995, permitiu a determinação de distorções em toda a RGB para a nova realização SAD69/96. Os valores médios do desvio padrão das coordenadas encontrados após o reajustamento de 1996 foram de 10 cm para as estações GPS de alta precisão e de 50 cm para as da rede clássica de alta precisão. As coordenadas reajustadas passaram a ser fornecidas aos usuários juntamente com os valores absolutos dos erros. COSTA (1999) gerou os parâmetros de transformação do SAD69/96 para o SIRGAS:

$$\Delta X = -67,358 \text{ m } (\pm 0,013 \text{ m});$$

$$\Delta Y = 3,974 \text{ m } (\pm 0,013 \text{ m});$$

$$\Delta Z = -38,314 \text{ m } (\pm 0,013 \text{ m})$$

Constatou que os deslocamentos horizontais entre o SAD69/96 e o SIRGAS variam de 58 m até 73 m no Brasil.

Também o National Imagery and Mapping Agency (NIMA), em sua página ([www.nima.mil](http://www.nima.mil)), apresenta parâmetros de transformação do SAD69 para o WGS84, específicos para o Brasil, também divulgados em NIMA (1997):

$$\Delta X = -60 \text{ m } (\pm 3 \text{ m});$$

$$\Delta Y = -2 \text{ m } (\pm 5 \text{ m});$$

$$\Delta Z = -41 \text{ m } (\pm 5 \text{ m})$$

Estes parâmetros são os normalmente disponibilizados em receptores GPS de baixa precisão e de navegação. Com a recente exclusão da restrição imposta pela técnica da Selective Availability (SA), já se evidencia uma aplicação destes receptores para o apoio de produtos principalmente em SIG, mesmo tendo em vista que as precisões obtidas não sejam melhores que 10 m.

## 5. Conclusões e Recomendações

Com base nos aspectos apresentados nas seções precedentes constata-se que:

De acordo com as distorções evidenciadas, a rede clássica no Paraná com base na RGB realização SAD69 só é adequada para a referência de produtos na escala 1:100.000 e menores. Redes GPS derivadas desta rede conservam todos os erros sistemáticos em relação a Chuá, conservando apenas coerência local. As suas recuperações demandarão estudos criteriosos, levando em conta as distorções dos pontos de origem;

A rede clássica no Paraná com base na RGB realização SAD69/96, com precisão relativa de 20 ppm, considerando distâncias de até 100 km, pode ser utilizada para a referência de produtos na escala 1:10.000 e menores, uma vez que os erros sistemáticos em relação a Chuá deixaram de existir na proporção evidenciada. Redes GPS derivadas desta rede clássica reajustada, conservam o valor absoluto do erro do ponto de origem, porém podem ser qualificadas como base para produtos na escala 1:10.000, desde que suas abrangências não excedam os 100 km;

A rede GPS de alta precisão do Estado do Paraná com base na RGB realização SAD69 só é adequada para a referência de produtos na escala 1:10.000 e menores. Redes GPS secundárias derivadas desta rede, não pertencentes à RGB, evidentemente não podem propiciar precisão maior do que a da rede de origem;

A rede GPS de alta precisão do Estado do Paraná com base na RGB realização SAD69/96 é adequada para a referência de produtos mesmo na escala 1:500. Redes GPS secundárias derivadas desta rede, não pertencentes à RGB, desde que adequadamente controladas, podem conservar esta característica;

A tendência de adoção do SIRGAS, com todas as suas vantagens de similaridade com o WGS84, acarreta a inviabilização de produtos gráficos com escalas maiores que 1:250.000. No entanto, produtos em meio digital em SAD69, podem ser transformados com relativa facilidade para SIRGAS;

Produtos cartográficos, cadastrais e em SIG, com alta resolução, podem ser completamente distorcidos e incompatibilizados com outros produtos, por deficiências na base geodésica.

Com base nas constatações dos problemas inerentes ao emprego das diferentes redes, realizações e parâmetros de transformação entre sistemas, recomenda-se:

O estabelecimento de normas técnicas para levantamentos para o apoio de produtos cartográficos, cadastrais e em SIG, de forma a preservar sua coerência interna e compatibilidade com a RGB;

Uma atenção especial no uso de parâmetros de transformação entre sistemas, evitando o uso daqueles que não são oficiais no país, porém que estão sendo veiculados em diversos meios. Cabe ser destacado que as coordenadas fornecidas para o posicionamento absoluto em tempo real, são limitadas pelas características do receptor e pelos parâmetros de transformação.

## 6. Referências Bibliográficas

COSTA, S. M. A. C. *Integração da Rede Geodésica Brasileira aos Sistemas de Referência Terrestres*. Tese (Doutorado em Geociências). Departamento de Geomática. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1999. 157p

FISCHER, I. *The Basic Framework of the South American Datum of 1969*. XII Pan American Consultation on Cartography. Panamá. 1973

IBGE. *Especificações e normas gerais para levantamentos geodésicos*. Resolução – PR nº 22 de 21 de julho de 1983.

IBGE. Resolução nº 23 de 21 de fevereiro de 1989

IBGE. *Ajustamento da rede planimétrica do sistema geodésico brasileiro*. Rio de Janeiro. Julho de 1996.

JORDAN, E. N.; de FREITAS, S. R. C. & GEMAEL, C. *Banco de dados geodésicos para o Estado do Paraná*. In Anais do Cobrac 98 – Cd-rom. 1998.

NIMA (National Imagery and Mapping Agency). *Department of Defense World Geodetic System 1984 – Its Definition and Relationships with Local Geodetic Systems*. Technical Report. Third Edition, 4 July 1997.

SEMA. *Rede Geodésica de Alta Precisão*. Governo do Estado do Paraná. 1996.

