

## Avaliação de parâmetros de transformação regionais entre os sistemas SAD69 e SIRGAS2000

### RESUMO

O objetivo deste artigo, em primeira instância, preocupou-se em analisar as diferenças encontradas nos parâmetros de transformação de coordenadas entre os sistemas SAD69 e SIRGAS2000 de todas as estações de RBMC espalhadas por todo o Brasil e a proposta de adotar parâmetros de transformação regionais que possam ser compatíveis com o ponto de referência. Solicitou-se ao IBGE os relatórios de todas as estações geodésicas da RBMC do ano de 2014 e consideradas apenas as estações ativas em todo o território brasileiro. Para realizar a comparação entre os sistemas SAD69 e SIRGAS2000, as transformações de coordenadas geodésicas foram realizadas para coordenadas cartesianas de cada estação do RBMC, de seu respectivo sistema, e foram organizadas por região. Os resultados permitiram observar que a aplicação da técnica de transformação dos sistemas de referência é satisfatória, mas mostrou diferenças centimétricas entre os parâmetros de transformação (translação) e que as médias dos parâmetros regionais foram próximas dos valores adotados para o país.

**PALAVRAS-CHAVE:** SGB. RBMC. SAD69. SIRGAS2000. Parâmetros de Transformação.

**José Venâncio Marra Oliveira**

[josevmo007@gmail.com](mailto:josevmo007@gmail.com)

[orcid.org/0000-0002-6613-8809](https://orcid.org/0000-0002-6613-8809)

Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP, São Carlos, São Paulo, Brasil.

**Sérgio Roberto de Oliveira**

[sergio.r.oliveira@usp.br](mailto:sergio.r.oliveira@usp.br)

[orcid.org/0000-0001-7745-0876](https://orcid.org/0000-0001-7745-0876)

Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP, São Carlos, São Paulo, Brasil.

**Paulo Cesar Lima Segantine**

[pcsegantine@usp.br](mailto:pcsegantine@usp.br)

[orcid.org/0000-0003-1012-0666](https://orcid.org/0000-0003-1012-0666)

Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP, São Carlos, São Paulo, Brasil.

**Irineu da Silva**

[irineu@sc.usp.br](mailto:irineu@sc.usp.br)

[orcid.org/0000-0001-5775-6683](https://orcid.org/0000-0001-5775-6683)

Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP, São Carlos, São Paulo, Brasil.

## INTRODUÇÃO

Com o advento do *Global Positioning System* (GPS) na década de 80, muitas instituições iniciaram o seu emprego em diversas atividades de posicionamento geodésico. Entre elas o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que iniciou suas operações utilizando essa tecnologia em suas atividades de levantamento geodésico, em 1991 (IBGE, 2011).

Naquele mesmo ano, o IBGE iniciou discussões sobre a implantação de uma rede de monitoramento contínuo, que veio a ser concretizada em 1996, denominada de Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC). Atualmente é composta por estações com receptores *Global Navigation Satellite System* (GNSS) de dupla frequência e constitui-se como a principal ligação entre o sistema brasileiro e os sistemas internacionais de referência geodésicos (IBGE, 2016).

Como se sabe, em atividades de posicionamento geodésico torna-se fundamental a definição e a realização de um sistema de referência geodésica consistente com as necessidades para o qual foi implantado, principalmente, no que se refere à sua capacidade de permitir densificações da rede sem perda relevante de acurácia. Este sistema deve garantir, entre outros, que a acurácia das coordenadas determinadas, em função dos pontos fundamentais da rede, seja compatível com as tecnologias aplicadas para as suas determinações.

No posicionamento por satélites, os sistemas de referência geralmente são globais e geocêntricos, ou seja, possuem como origem o centro de massa da Terra. Pode-se citar, neste caso, o *International Terrestrial Reference Frame* (ITRF) realizado pela *International Earth Rotation and Reference Systems Service* (IERS), o qual fornece os parâmetros de orientação e dados geofísicos da Terra.

No Brasil, o sistema geodésico em uso é denominado Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas – SIRGAS2000. Ele se caracteriza por um conjunto de pontos geodésicos implantados sobre todo o território nacional, materializados por pilares de concreto e realizados inicialmente por métodos clássicos, como triangulação e poligonação, e posteriormente, por técnicas GNSS para a realização da rede planimétrica de referência (IBGE, 2016).

Um fato importante a ser considerado, neste caso, é que o sistema SIRGAS2000 foi disponibilizado para uso da comunidade profissional e científica somente a partir de 2005. Até então no Brasil admitia-se o uso do Sistema Geodésico *South American Datum* (SAD69) e do Sistema Geodésico Córrego Alegre. Por essa razão, devido à existência de documentos cartográficos nesses dois sistemas existe a necessidade de utilizar parâmetros de transformação de coordenadas para converter as coordenadas conhecidas de um sistema para o outro (OLIVEIRA *et al.*, 2008). Principalmente entre os sistemas SAD69 e SIRGAS2000. Coube ao IBGE definir oficialmente esses parâmetros de transformação para todo o território brasileiro.

Trabalhos como o de Costa *et al.* (2005) apresentaram a existência de diferenças horizontais nos parâmetros de transformação global de translação entre os sistemas de referência SAD69 e SIRGAS2000. Estas diferenças variaram de 58 metros na região nordeste até 73 metros nos extremos do país e motivaram a realização deste estudo.

Neste contexto, o presente trabalho apresentou resultados de um estudo de caso realizado com o intuito de avaliar regionalmente a qualidade dos parâmetros de transformação SAD69 para SIRGAS2000 disponibilizados pelo IBGE, referentes aos parâmetros de translação. Assim, com base nas estações da RBMC, realizou-se uma regionalização do território brasileiro e avaliou se os parâmetros de transformação global de translação disponibilizados pelo IBGE apresentaram consistência com os valores regionais. Os resultados desse estudo encontram-se apresentados no texto a seguir.

## SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO

O Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) é definido a partir de um conjunto de pontos geodésicos implantados na superfície terrestre (Figura 1) delimitados pelas fronteiras do país, determinados por meio de procedimentos operacionais e coordenadas calculadas, segundo modelos geodésicos de precisão compatíveis com as finalidades as quais se destinam (OLIVEIRA, 1998), com o intuito de fornecer aos usuários produtos cartográficos de qualidade (COSTA, 2000). O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é o órgão responsável pela rede planimétrica, altimétrica, gravimétrica e pela materialização, manutenção e definição desses marcos.

Figura 1 – Rede Planimétrica do SGB



Fonte: <http://geoftp.ibge.gov.br>

O SGB é dividido em duas componentes: os *data* horizontal e vertical e seus respectivos pontos de referência, com coordenadas conhecidas e materializados

por meio de monumentos físicos distribuídos pelo território brasileiro (SILVA; SEGANTINE, 2015).

O primeiro *datum* horizontal adotado no Brasil foi o *datum* Córrego Alegre (CA), o qual foi materializado próximo à cidade de Frutal – MG. Este foi realizado em 1949 e possui como elipsoide de referência o Elipsoide Internacional de Hayford de 1924. Com base nesse *datum*, se estabeleceu o Sistema Geodésico Córrego Alegre. Grande parte dos levantamentos topográficos no Brasil foram referenciados a ele. Deve-se salientar que, devido à inexistência de parâmetros de transformação de coordenadas entre o Sistema Geodésico Córrego Alegre e o SIRGAS2000, para a realização de transformação de coordenadas entre eles necessita-se realizar, primeiramente, a transformação do Sistema Geodésico Córrego Alegre para o Sistema Geodésico SAD69 e em seguida para o sistema SIRGAS2000 (MONICO, 2008).

O Sistema Geodésico SAD69 utiliza como referencial horizontal o elipsoide SAD69. Ele foi adotado no Brasil a partir de 1979 e teve como propósito estabelecer um *datum* para uma rede continental de controle para todos os levantamentos de engenharia e trabalhos cartográficos da América do Sul (FISHER, 1973, *apud* OLIVEIRA, 1998).

A partir de 25 de fevereiro de 2015 o sistema de referência topocêntrico SAD69 foi definitivamente substituído pelo sistema de referência geocêntrico SIRGAS2000, que tem como elipsoide de referência o *Geodetic Reference System 1980* – GRS80 (SILVA; SEGANTINE, 2015).

Segundo Costa *et al.* (2005), existem diferenças horizontais entre os sistemas de referência SAD69 e SIRGAS2000 que podem variar de 58 metros na região nordeste até 73 metros nos extremos do país. Por essa razão, quando se realiza a mudança de coordenadas entre esses dois sistemas deve-se atentar às distorções e/ou deslocamentos horizontais nas coordenadas.

O referencial altimétrico utilizado no Brasil foi materializado na baía de Ibituba/SC por meio de medições maregráficas, ou seja, medições do nível médio do mar, que coincide com a superfície equipotencial. A rede de nivelamento atual conta com mais de 65 mil estações distribuídas pelo Brasil (MONICO, 2008).

O estabelecimento da rede gravimétrica no Brasil só adquiriu caráter sistemático a partir dos anos 90 quando se estabeleceram as estações gravimétricas visando cobrir o vazio de informações de aceleração de gravidade. Essa rede é de fundamental importância para a modelagem do geoide e determinação da altitude ortométrica.

Até o início da década de 90 a realização do SGB era obtida por meio dos métodos clássicos de triangulação e poligonação, os quais já não são utilizados para fins geodésicos. Desde então, tem-se utilizado os sistemas de posicionamento por satélites, tanto para a implantação como para a densificação da rede geodésica brasileira. Por esse fato, adequou-se a rede antiga à nova realidade tecnológica, as coordenadas dos vértices da rede geodésica realizada por triangulação e poligonação foram reajustadas por meio da tecnologia GNSS e os novos pontos são, desde então, determinados exclusivamente a partir dessas observações (SILVA e SEGANTINE, 2015). Com isso, o IBGE instaurou um novo conceito de rede geodésica, que classifica os pontos geodésicos conforme indicado a seguir:

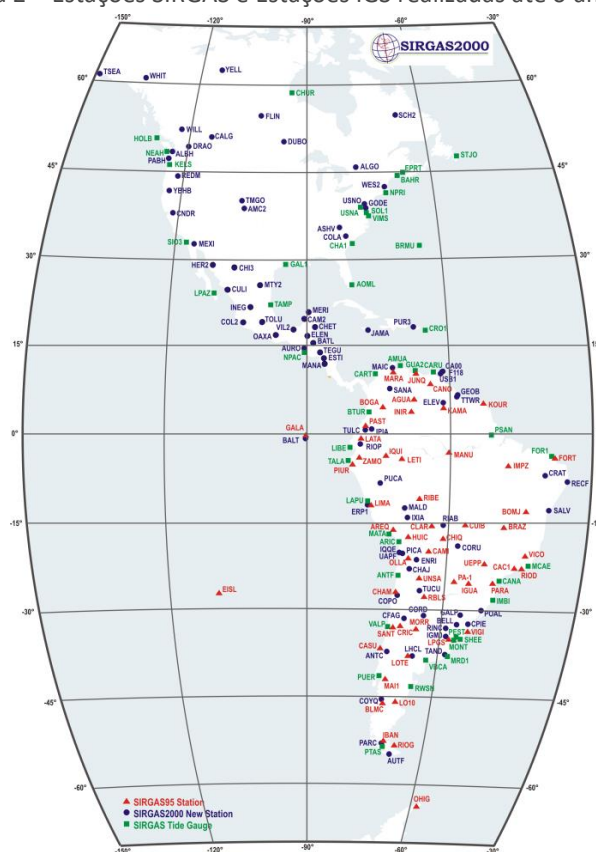
- Levantamentos geodésicos de alta precisão (âmbito nacional): subdividem-se segundo os fins científico ou fundamental;
- Levantamentos geodésicos de precisão (âmbito regional): condicionam-se ao grau de desenvolvimento socioeconômico;
- Levantamentos geodésicos para fins topográficos (características locais): condicionam-se aos levantamentos que se enquadram no plano topográfico.

O sistema SIRGAS2000 foi concebido em 1993, pelo ajustamento da antiga rede planimétrica e por meio de novos pontos agregados a rede geodésica ITRF, conforme descrito em Silva e Segantine (2015). Desta forma, a materialização do sistema SIRGAS2000 foi realizada a partir das estações de referência que o compõe, implantadas por meio de tecnologia GNSS (Figura 2). A adoção desse sistema teve por base adotar o *International Terrestrial Reference System* (ITRS) como sistema geocêntrico de referência para a América do Sul, estabelecer uma rede única e um *datum* geocêntrico para as Américas (IBGE, 2005; BLITZKOW *et al.*, 2011).

O sistema geodésico SIRGAS2000 utiliza como superfície de referência o elipsoide GRS80. A orientação do sistema é dada pelos polos e o meridiano de referência terrestres, consistentes em  $\pm 0,005''$  com as direções definidas pelo *Bureau International de l'Heure* (BIH) em 1984. A época de referência das coordenadas do SIRGAS2000 foi 2000,4 (IBGE, 2005; BLITZKOW *et al.*, 2011).

A Figura 2 mostra a distribuição das estações terrestres do Sistema Geodésico SIRGAS2000 e *International GNSS Service* (IGS) no continente americano.

Figura 2 – Estações SIRGAS e Estações IGS realizadas até o ano 2000



Fonte: <http://www.sirgas.org/pt/sirgas-realizations/sirgas2000/>

## REDE BRASILEIRA DE MONITORAMENTO CONTÍNUO – RBMC

A Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (Figura 3) tem tido um papel cada vez mais amplo no Brasil à medida que as técnicas de posicionamento e navegação foram evoluindo com a utilização da tecnologia GNSS, principalmente, devido às diversas aplicações em tempo real e pós-processamento.

A RBMC começou a ser implantada no final do ano de 1996 pelo IBGE. Teve por objetivo construir uma rede geodésica de referência com apoio de técnicas GNSS, garantindo qualidade nos resultados obtidos por meio de trabalhos práticos ou para pesquisa.

As estações da RBMC pertencem ao SGB e desempenham o papel de estabelecer pontos de coordenadas conhecidas para serem utilizadas como base para medições com a tecnologia GNSS nos trabalhos topográficos e geodésicos, que exijam precisão e confiabilidade nos dados (BORGES et al., 2016).

Figura 3 – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS



Fonte: <http://geofp.ibge.gov.br>

Atualmente a RBMC compõem-se de 131 estações de monitoramento contínuo, estabelecidas e distribuídas por todo território nacional. Cada ponto da rede é materializado por pinos de centragem forçada e cravados em pilares estáveis. De acordo com o IBGE (2011), as atividades específicas de controle de qualidade dos dados e operações da RBMC são de responsabilidade do Centro de Controle da RBMC dos Sistemas GNSS, localizado na Diretoria de Geociências do IBGE, na cidade do Rio de Janeiro (IBGE, 2016).

A maioria das estações da rede RBMC rastreia satélites das constelações GPS e GLONASS. Todas elas fazem parte do Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS). As suas coordenadas possuem precisão da ordem de  $\pm 5\text{mm}$  e suas observações estão organizadas em arquivos diários, que são disponibilizados pelo Centro de Controle da RBMC no formato RINEX2 (IBGE, 2016).

### **CÁLCULO DOS PARÂMETROS DE TRANSFORMAÇÃO SAD69 → SIRGAS2000**

A partir de 25 de fevereiro de 2015 o SIRGAS2000 seria o único sistema de referência geodésico adotado no Brasil, com isso as coordenadas geodésicas das estações da RBMC em SAD69 não constavam nos relatórios. Neste modo, para a elaboração deste trabalho foi solicitado ao IBGE os relatórios de todas as estações geodésicas da RBMC do ano de 2014 e consideradas apenas as estações ativas de todo o território nacional, naquele momento.

Os parâmetros de transformação de translação, oficializados pelo IBGE, entre os sistemas SAD69 e SIRGAS2000 estão descritos nos documentos do IBGE Nº 1/2005 e Nº 1/2015, respectivamente (SILVA e SEGANTINE, 2015). São eles:

$$\Delta X_{\text{IBGE}} = -67,35\text{m}$$

$$\Delta Y_{\text{IBGE}} = 3,88\text{m}$$

$$\Delta Z_{\text{IBGE}} = -38,22\text{m}$$

Os parâmetros do elipsoide de referência do sistema SAD69 são:

$$a = 6.378.160\text{m}$$

$$f = \frac{1}{298,25}$$

Os parâmetros do elipsoide de referência do sistema SIRGAS2000 são:

$$a = 6.378.137\text{m}$$

$$f = \frac{1}{298,257222101}$$

em que,  $a$  – semieixo maior;  $f$  – achatamento.

Segundo Costa e Lima (2005), os valores estimados para os parâmetros de rotação são desprezíveis e o parâmetro de escala representa uma distorção sistemática que não se deve considerar como parte de uma transformação (VANICEK; STEEVES, 1996). De acordo com o IBGE os valores dos parâmetros de transformação rotação e escala são desprezíveis para os trabalhos comuns de engenharia, porém, devem ser considerados para os trabalhos de precisão. Neste trabalho estes parâmetros foram desconsiderados na transformação entre os sistemas de referência. COSTA e LIMA (2005) mostraram que o resultado mais adequado seria o uso dos 3 parâmetros de translação.

Neste trabalho, para realizar a comparação entre os sistemas SAD69 e SIRGAS2000 foram realizadas as transformações das coordenadas geodésicas para



coordenadas cartesianas de cada estação geodésica da RBMC, do seu respectivo sistema. Em seguida, elas foram organizadas por região.

Para a transformação de coordenadas geodésicas para cartesianas, primeiramente, calculou-se o valor do raio da seção normal perpendicular ao Meridiano, conforme a equação 1.

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \cdot (\sin \phi_g)^2}} \quad (1)$$

Em que,

$N$  – raio da seção normal perpendicular ao Meridiano;  $a$  – semieixo maior do elipsoide;  $e^2$  – primeira excentricidade quadrática;  $\phi_g$  – latitude geodésica.

Em seguida foram calculadas as coordenadas cartesianas a partir das coordenadas geodésicas conhecidas. Para isso foram utilizadas as equações (2), (3) e (4).

$$X = (N+h) \cdot \cos \phi_g \cdot \cos \lambda_g \quad (2)$$

$$Y = (N+h) \cdot \cos \phi_g \cdot \sin \lambda_g \quad (3)$$

$$Z = [N \cdot (1 + e^2) + h] \cdot \sin \phi_g \quad (4)$$

Em que,

$h$  – altitude elipsoidal;  $\lambda_g$  – longitude geodésica.

Após a transformação das coordenadas geodésicas para cartesianas executou-se o cálculo das discrepâncias entre as coordenadas cartesianas em SAD69 e as coordenadas cartesianas em SIRGAS2000, de acordo com as equações (5), (6) e (7).

$$\Delta X_{\text{CALCULADO}} = X_{\text{SIRGAS2000}} - X_{\text{SAD69}} \quad (5)$$

$$\Delta Y_{\text{CALCULADO}} = Y_{\text{SIRGAS2000}} - Y_{\text{SAD69}} \quad (6)$$

$$\Delta Z_{\text{CALCULADO}} = Z_{\text{SIRGAS2000}} - Z_{\text{SAD69}} \quad (7)$$

Com base nos valores calculados foram realizados os cálculos das discrepâncias entre os valores calculados e os parâmetros de translação disponibilizados pelo IBGE, de acordo com as equações (8), (9) e (10).

$$\Delta X = \Delta X_{\text{CALCULADO}} - \Delta X_{\text{IBGE}} \quad (8)$$

$$\Delta Y = \Delta Y_{\text{CALCULADO}} - \Delta Y_{\text{IBGE}} \quad (9)$$

$$\Delta Z = \Delta Z_{\text{CALCULADO}} - \Delta Z_{\text{IBGE}} \quad (10)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

As análises mostram que as discrepâncias encontradas nas 118 estações ativas da RBMC, em função dos parâmetros de translação calculados, foram pequenas, na casa dos centímetros. Existem, porém, diferenças em relação aos valores



oficializados pelo IBGE. A Tabela 1 mostra os valores médios e os desvios-padrão das discrepâncias encontradas.

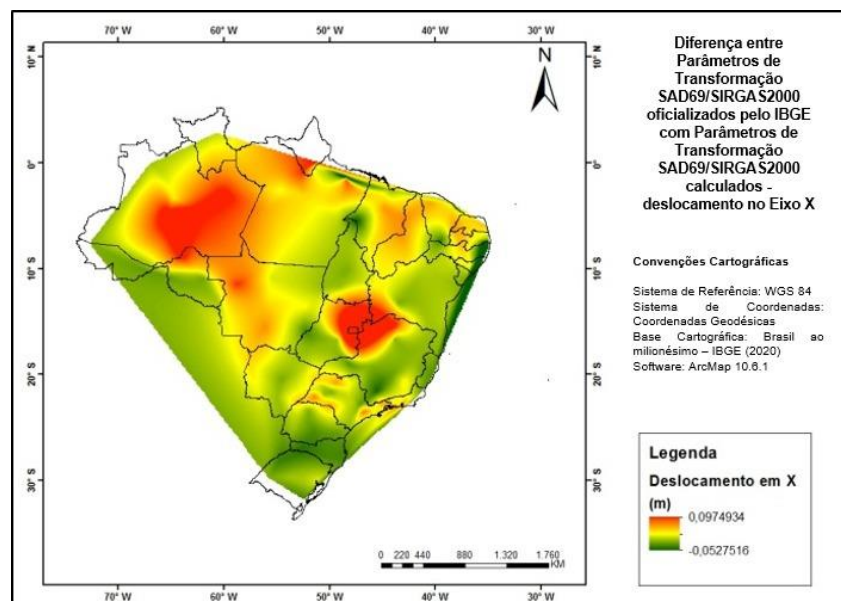
Tabela 1 – Médias e desvios-padrão dos parâmetros de translação calculados

Médias e Desvios-Padrão dos Parâmetros de Translação Calculados					
$\Delta X$ (m)	$\sigma\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$\sigma\Delta Y$ (m)	$\Delta Z$ (m)	$\sigma\Delta Z$ (m)
-67,340	0,019	3,856	0,013	-38,235	0,008

Fonte: Autoria própria (2019).

Em função dos valores calculados foram gerados três mapas temáticos, que apresentam as diferenças entre os parâmetros de transformação entre o sistema SAD69 e o sistema SIRGAS2000 adotados pelo IBGE com os parâmetros de transformação calculados. A Figura 4 mostra essa diferença na translação no eixo X. Com isso, é possível perceber que as maiores diferenças no eixo X ocorrem entorno do Distrito Federal e na região Norte do país, com diferença máxima de 10,0 cm e mínima de - 5,0 cm, aproximadamente.

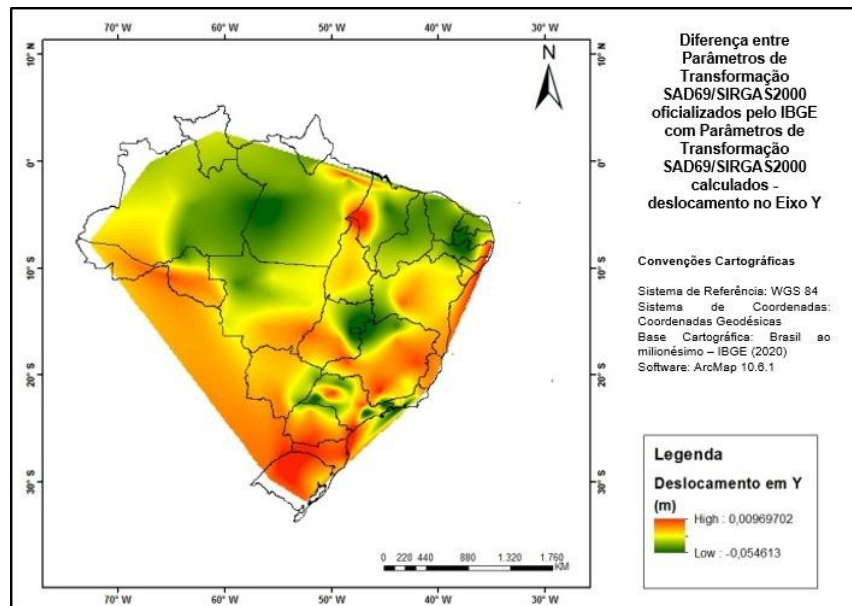
Figura 4 – Diferença entre Parâmetros de Transformação SAD69/SIRGAS2000 oficializados pelo IBGE com Parâmetros de Transformação SAD69/SIRGAS2000 calculados - deslocamento no Eixo X



Fonte: Autoria própria (2019).

A Figura 5 mostra que as maiores diferenças no eixo Y ocorreram na região Sul do país, no Oeste do estado do Maranhão, Leste da região Nordeste e grande parte do estado de Minas Gerais, com valor máximo 1,0 cm e valor mínimo de -5,0 cm, aproximadamente.

Figura 5 – Diferença entre Parâmetros de Transformação SAD69/SIRGAS2000 oficializados pelo IBGE com Parâmetros de Transformação SAD69/SIRGAS2000 calculados - deslocamento no Eixo Y

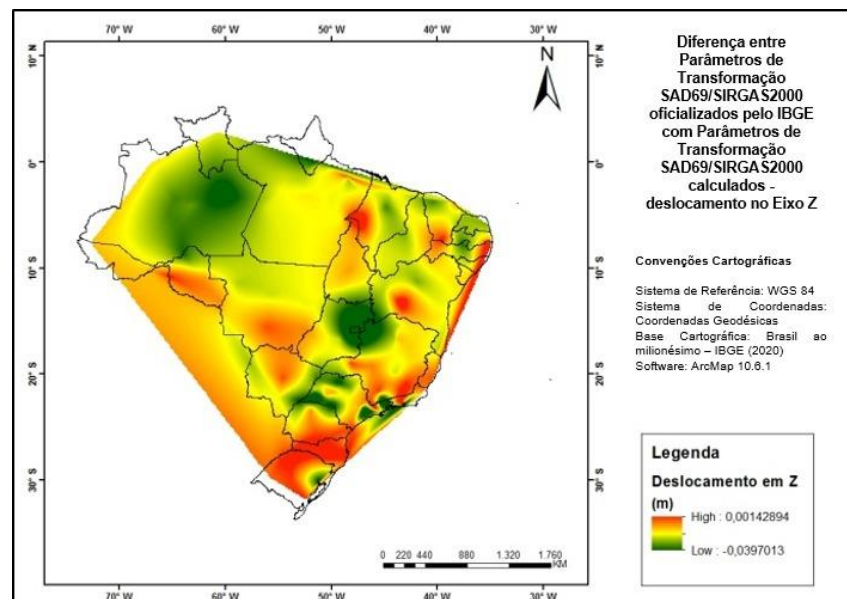


Fonte: Autoria própria (2019).

A partir da Figura 6 é possível avaliar que as maiores diferenças no eixo Z estão localizadas na região Sul do país, no estado de Rondônia, região Oeste do estado do Maranhão, região central do estado da Bahia e a Leste da região Nordeste, com valor máximo de 1,0 cm e valor mínimo de -3,0 cm, aproximadamente.

Um fator contribuinte para que estas diferenças entre os parâmetros de transformação sejam maiores é a carência de estações de monitoramento contínuo nas regiões Centro-Oeste e Norte, como mostra a Figura 3.

Figura 6 – Diferença entre Parâmetros de Transformação SAD69/SIRGAS2000 oficializados pelo IBGE com Parâmetros de Transformação SAD69/SIRGAS2000 calculados - deslocamento no Eixo Z



Fonte: Autoria própria (2019).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização desta comparação mostra que existem discrepâncias centimétricas entre os parâmetros de transformação oficializados pelo IBGE em relação aos valores dos parâmetros de transformação calculados neste trabalho.

Os resultados possibilitaram observar que a aplicação da técnica de transformação de sistemas de referência é satisfatória, porém, mostra que existem pequenas diferenças entre os parâmetros de transformação (translação) e que as médias dos parâmetros regionais são próximas dos valores adotados para todo o país.

Evidentemente, embora as discrepâncias existentes sejam centimétricas é importante salientar que em trabalhos de alta precisão elas devem ser avaliadas com cuidado.

Outro ponto a ser considerado é a necessidade da densificação da rede de monitoramento contínuo nas regiões Centro-Oeste e Norte do país, que permita gerar modelos de distorções condizentes com essas regiões.

Com isso, conclui-se que para os trabalhos práticos de engenharia, não há necessidade da adoção de parâmetros transformação regionais e que os parâmetros de transformação entre os sistemas de referência SAD69 e SIRGAS2000 oficializados pelo IBGE são condizentes para serem utilizados em trabalhos comuns de engenharia em todo o território brasileiro.

Recomenda-se como trabalhos futuros a análise das discrepâncias dos parâmetros de transformação entre as demais realizações do SAD69 e do vetor resultante das três componentes posicionais.

# Evaluation of regional transformation parameters between the SAD69 and SIRGAS2000 systems

## ABSTRACT

The objective of this paper, in the first instance, concerned about to analyze the differences found in the coordinate transformation parameters between the SAD69 and SIRGAS2000 systems of all RBMC stations spread throughout Brazil and the proposal to adopt regional transformation parameters that may be compatible with the reference point. Requested to IBGE the reports of all the geodetic stations of the RBMC of the year 2014 and it was considered only the active stations throughout the Brazilian territory. To realize the comparison between the SAD69 and SIRGAS2000 systems, the geodetic coordinate's transformations were performed for cartesian coordinates of each station of the RBMC, of its respective system, and were organized by region. The results showed that the application of the transformation technique of reference systems is satisfactory, but showed that centimeters differences between the transformation parameters (translation) and that the regional parameter averages were close to the values adopted for the country.

**KEYWORDS:** SGB. RBMC. SAD69. SIRGAS2000. Transformation Parameters.

## AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, e ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) pelo fornecimento dos relatórios das estações geodésicas da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) referentes ao ano de 2014 para tal estudo.

## REFERÊNCIAS

BLITZKOW, D.; MATOS, A. C. O. C. DE; GUIMARÃES, G. N.; COSTA, S. M. A.. O conceito atual dos referenciais usados em geodésia. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 63, n.5, p. 633-648, 2011.

BORGES, A. F., TIMBÓ, M. A., NERO, M. A., TEMBA, P. C.. Sistemas geodésicos de referência adotados no Brasil e a conversão dos dados geográficos para o sistema oficial SIRGAS2000: transformações e avaliação de erros. **Revista Geografias**, vol. 12, n.1, p. 45-63, 2017.

COSTA, S. M. A., LIMA, M. A. A.. Parâmetros de Transformação entre SAD69 e SIRGAS2000. *In: XXII Congresso Brasileiro de Cartografia*, Macaé, 2005.

COSTA, S. M. A.. Evolução do Sistema Geodésico Brasileiro - Razões e Impactos com a Mudança do Referencial. *In: Seminário sobre Referencial Geocêntrico no Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

COSTA, S. M. A.. Solução na Compatibilização de Diferentes Materializações de Sistemas de Referência *In: Seminário sobre Referencial Geocêntrico no Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

IBGE. **Resolução do Presidente do IBGE N° 1/2005** – Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro. 2005.

IBGE. **Análise dos Dados da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS 2006 a 2010**. Rio de Janeiro, p. 424, 2011. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/metodos\\_e\\_outros\\_documentos\\_de\\_referencia/outros\\_documentos\\_tecnicos/rbmc/Relatorio\\_Qualidade\\_Dados\\_RBMC\\_2006-2010.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/outros_documentos_tecnicos/rbmc/Relatorio_Qualidade_Dados_RBMC_2006-2010.pdf)>.

IBGE. **Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS - RBMC**. 2016. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc\\_est.php](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc_est.php)>. Acesso em: 01 dez. 2016.

MONICO, J. F. G.. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. 2.ed. São Paulo: Editora Unesp, 2007. 476 p.

OLIVEIRA, L. C.; SANTOS, M. C.; NIEVINSKI, F. G.; LEANDRO, R. F.; COSTA, S. M. A.; SANTOS, M. F.; MAGNA JÚNIOR, J. P.; GALO, M.; CAMARGO, P. O.; MONICO, J. F. G.; SILVA, C. U.; MAIA, T. B.. Searching for the Optimal Relationships Between SIRGAS2000, South American Datum of 1969 and Córrego Alegre in Brazil. *In: SIDERIS, M. G. Observing our Changing Earth*. International Association of Geodesy Symposia, vol. 133, p. 71-79, 2008.

OLIVEIRA, L. C.. **Realizações do Sistema Geodésico Brasileiro associadas ao SAD69 - Uma proposta metodológica de transformação**. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) - Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998. 209.

SILVA, I.; SEGANTINE, P. C. L.. **Topografia para engenharia – Teoria e prática de Geomática**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2015. 408 p.

VANICEK, P.; STEEVES, R. R.. Transformation of Coordinates between Two Horizontal Geodetic Datums. *Journal of Geodesy*, vol. 80, p. 740-745, 1996. <https://doi.org/10.1007/BF00867152>

**Recebido:** 17 out. 2019

**Aprovado:** 06 nov. 2020

**DOI:** 10.3895/rbgeo.v8n4.10968

**Como citar:** OLIVEIRA, J.V.M.; OLIVEIRA, S. R.; SEGANTINE, P.C.L.; SILVA, I.. Avaliação de parâmetros de transformação regionais entre os sistemas SAD69 e SIRGAS2000. *R. bras. Geom.*, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 363-376, out./dez. 2020. Disponível em: <<https://periodicos.utfr.edu.br/rbgeo>>. Acesso em: XXX.

**Correspondência:**

José Venâncio Marra Oliveira

Av. Trabalhador Sãoocarlense, 400, CEP 13566-590, São Carlos, São Paulo, Brasil..

**Direito autoral:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

