



SIRGAS
sirgas.ipgh.org

Ref.: Guia 05
Rev.: 1.1
Data: 01.04.2025

Revisado: Abril 2025

GUIA05 ORIENTAÇÕES PARA A REALIZAÇÃO DE MEDIÇÕES GRAVIMÉTRICAS AO REDOR DE ESTAÇÕES IHRF

Cita: Gabriel do Nascimento Guimarães, Denizar Blitzkow, Carlos Alberto Correa e Castro Junior (2025).

GUIA05 ORIENTAÇÕES PARA A REALIZAÇÃO DE MEDIÇÕES GRAVIMÉTRICAS AO REDOR DE ESTAÇÕES IHRF. DOI:
<https://doi.org/10.5281/zenodo.15276811>

	Orientações para a realização de medições gravimétricas ao redor de estações IHRF	Ref.	Guia05
		Rev.	1.1
		Data	01.04.2025

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS	2
REGISTRO DE MUDANÇAS NO DOCUMENTO.....	3
GENERALIDADES	3
1. ASPECTOS GERAIS.....	3
2. MEDIÇÕES GRAVIMÉTRICAS.....	5
3. REFERÊNCIAS.....	6

	Orientações para a realização de medições gravimétricas ao redor de estações IHRF	Ref.	Guia05
		Rev.	1.1
		Data	01.04.2025

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estação PPTE, localizada no Brasil	4
Figura 2 Desejável distribuição dos pontos gravimétricos ..	5
Figura 3 Levantamento gravimétrico acompanhado de medição GNSS	6
Figura 4 Circuitos gravimétricos fechados.....	6
Figura 5 Levantamento gravimétrico com reocupação em estação conhecida (em vermelho).....	6

	Orientações para a realização de medições gravimétricas ao redor de estações IHRF	Ref.	Guia05
		Rev.	I.1
		Data	01.04.2025

REGISTRO DE MUDANÇAS NO DOCUMENTO

Versão I.1, 04.2025

(Edição anterior: Versão I.0, 08.2021)

04.2025 Revisão geral do conteúdo, atualização dos links de internet, atribuição do DOI.

Este documento está estruturado a partir das referências bibliográficas citadas na seção “Referências”. As orientações foram preparadas pelo Grupo de Trabalho III do SIRGAS: Datum Vertical.

Para manter este documento atualizado, convidamos você a enviar seus comentários, perguntas ou sugestões ao Presidente do SIRGAS-GTIII, cujas informações de contato podem ser encontradas em <https://sirgas.ipgh.org/>.

GENERALIDADES

Este documento descreve os requisitos e as recomendações pertinentes para a realização de medições gravimétricas terrestres ao redor das estações IHRF (*International Height Reference Frame*). As orientações a seguir são direcionadas tanto para as instituições que já possuem uma estação prevista no cálculo da primeira realização IHRS, quanto para àquelas que desejam fazer a implantação. Para detalhes sobre implantação de estação IHRF, deve-se consultar o guia técnico “Orientações para seleção de estações IHRF” disponível em <https://sirgas.ipgh.org/pt/recursos-pt/guias/>.

I. ASPECTOS GERAIS

A Para se alcançar a precisão desejada para os valores de potencial ($W(P)$) nas estações IHRF, a distribuição e a qualidade das medições gravimétricas são essenciais. De acordo com as orientações e recomendações da *Focus Area “Unified Height System”* do *Global Geodetic Observing System (GGOS)* e do Grupo de Trabalho 0.1.2: “*Strategy for the realisation of the IHRS*” (Sánchez 2019; Sánchez; Barzaghi 2020, Sánchez et al., 2021), os principais requisitos e pontos a destacar são:

- a) O preenchimento dos vazios gravimétricos ao redor da estação IHRF de referência é o primeiro ponto fundamental a ser evidenciado. A Figura I ilustra uma situação exemplar, mostrando os vazios gravimétricos que existiam ao redor da estação PPTE, no Brasil (figura da esquerda) e o preenchimento de quase todas essas lacunas (figura da direita). Os vazios são referentes à área de difícil acesso e corpos d’água.

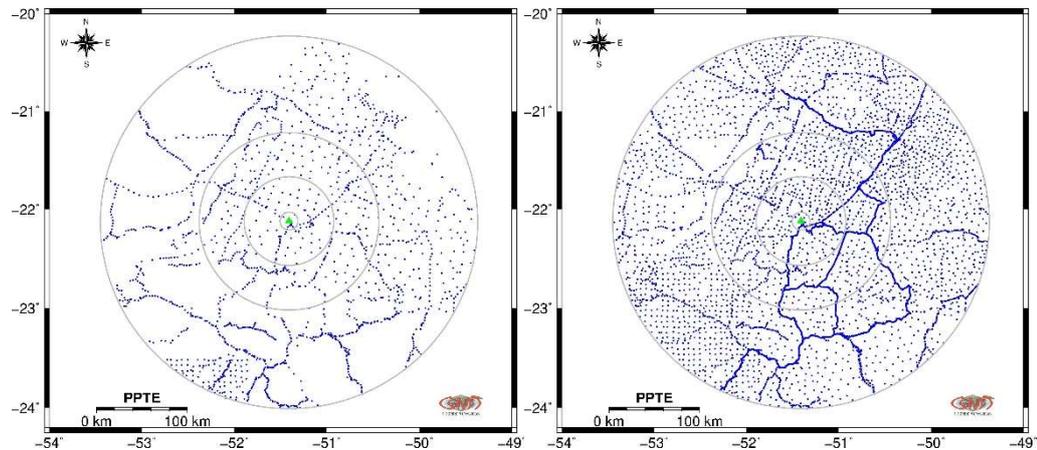


Figura 1 – Estação PPTe, localizada no Brasil.

- b) A distribuição dos pontos gravimétricos deve ser o mais homogênea possível, com medições em um raio de 210 km ($\sim 2^\circ$) da estação IHRF. A Figura 2 mostra aspectos positivos e negativos dessa distribuição aproximada, sem considerar a quantidade ideal de estações.

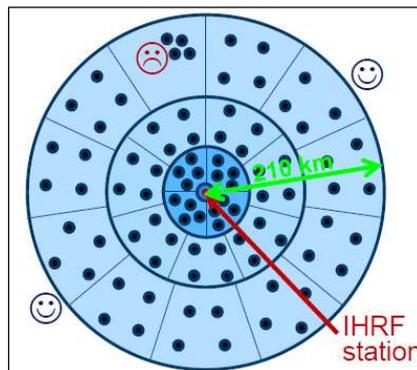


Figura 2 – Desejável distribuição dos pontos gravimétricos (Sánchez et al., 2017).

- c) A resolução espacial recomendada pelo Grupo de Trabalho da IAG 0.1.2, para as medições gravimétricas é de 1' a 3' (~ 2 a 4 km), a depender do relevo (em áreas montanhosas as observações gravimétricas devem ter uma resolução melhor do que em áreas planas). Sabe-se que medições gravimétricas relativas terrestres são atividades onerosas e morosas. Logo, caso não seja possível atender à recomendação do quantitativo ideal, procurar estabelecer medições com uma resolução espacial de no máximo 5' (~ 9 km) (na qual deverá ser melhor em regiões montanhosas ou com maior variação de topografia). É claro que, quanto melhor a resolução espacial dos pontos, melhor tende a ser a precisão dos valores de potencial obtidos para a estação IHRF. Por outro lado, em áreas remotas, com ausências de estradas e caminhos, como florestas e desertos, bem como no topo de montanhas, sugere-se o levantamento aero gravimétrico destinado para fins geodésicos.
- d) No caso da existência de dados gravimétricos anteriores, é importante verificar a origem das informações disponibilizadas, especialmente quanto à qualidade da altitude e possíveis erros sistemáticos. Para minimizar erros sistemáticos de baixo grau nos conjuntos de dados gravimétricos pré-existentes, é preciso verificar a vinculação dos dados de densificação à referência gravimétrica utilizada.
- e) No caso de novas medidas gravimétricas, estas devem estar conectadas em redes de referência gravimétrica modernas e confiáveis, preferencialmente ao novo *International Terrestrial Gravity Reference Frame* (ITGRF) (Wziontek et al. 2021). Acompanhada da medição gravimétrica deve-se determinar as

	Orientações para a realização de medições gravimétricas ao redor de estações IHRF	Ref.	Guia05
		Rev.	1.1
		Data	01.04.2025

coordenadas (ϕ , λ , h) com receptores GNSS. Enfatiza-se que os equipamentos (receptor GNSS e gravímetro) estejam bem próximos um do outro e no mesmo plano conforme ilustrado pela Figura 3.



Figura 3 – Levantamento gravimétrico acompanhado de medição GNSS.

- f) A precisão recomendada para o valor da aceleração de gravidade é de $\pm 0,15$ mGal (sendo aceitável o valor até $\pm 0,5$ mGal); e para as coordenadas, algo melhor do que $\pm 0,3$ m para altitude e $\pm 1,0$ m para a componente horizontal (Denker, 2013).

2. MEDIÇÕES GRAVIMÉTRICAS

Neste manual técnico se adotará as seguintes definições:

- Referência de gravidade absoluta: são compostas de estações materializadas e estabelecidas com gravímetros absolutos e que estejam vinculadas, preferencialmente, ao novo ITGRF. Se utilizará o termo “referência” e não “rede” por se tratar de medições com gravímetros absolutos.
- Rede de primeira ordem: são estabelecidas por estações materializadas e medidas com gravímetros relativos. Devem estar ligadas à referência de gravidade absoluta e atender a critérios específicos de precisão no seu estabelecimento.

Nas novas medições gravimétricas ao redor das estações IHRF, os seguintes aspectos devem ser observados:

- a) Recomenda-se que antes de toda campanha gravimétrica, sejam efetuadas a verificação e a calibração dos equipamentos utilizados, de acordo com as especificidades de cada aparelho. Além disso, orienta-se verificar e ajustar, quando necessário, a sensibilidade do equipamento a cada início de levantamento. Não é tema desse manual técnico abordar sobre o funcionamento de equipamentos de gravimetria. Para tanto, a seção “Referências” apresenta algumas sugestões bibliográficas e manuais técnicos.
- b) Recomenda-se que as estações gravimétricas de densificação sejam vinculadas às estações da referência de primeira ordem, sempre que possível, ou à rede de segunda ordem. Não é necessário que as estações densificadas sejam materializadas
- c) Orienta-se para que os circuitos gravimétricos voltados à densificação, sejam do tipo “fechado”, quando o levantamento começa e termina na mesma estação base (Figura 4).

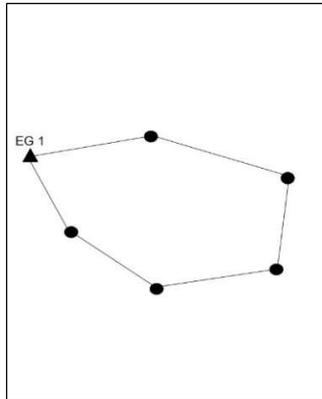


Figura 4 – Circuitos gravimétricos fechados.

- d) Sugere-se a realização, sempre que possível, de reocupações em estações de primeira ou segunda ordem, ou mesmo em estações densificadas apropriadas à reocupação, que estejam localizadas próximas à região de trabalho (Figura 5). Dessa forma, é possível se ter um controle das medições, além de eventual detecção de possíveis inconsistências do gravímetro.

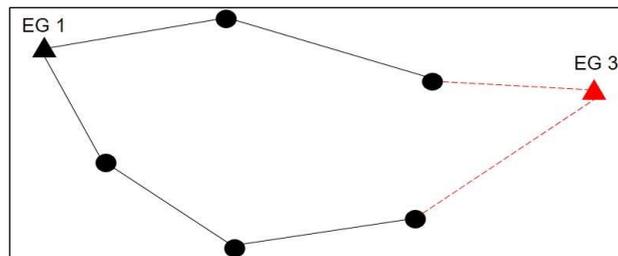


Figura 5 – Levantamento gravimétrico com reocupação em estação conhecida (em vermelho).

- e) Orienta-se, a depender do tipo de gravímetro utilizado, os seguintes procedimentos para as leituras:
- Gravímetro ótico mecânico: 3 leituras que devem ser realizadas em um intervalo máximo de tempo de 3 a 5 minutos. A discrepância máxima entre as leituras não deve exceder 0,005 unidades de graduação.
 - Gravímetro digital: 3 ciclos de leitura sendo cada ciclo com duração de 2 minutos. A discrepância máxima entre as leituras deve ser de 0,01 mGal.

Após a coleta das informações em campo, o próximo passo é o processamento dos dados. Nesse caso, não há recomendações por parte do SIRGAS quanto ao *software* a ser utilizado no processamento, estando a cargo da instituição a escolha do programa computacional.

3. REFERÊNCIAS

IBGE. (2017). *Especificações e normas para levantamentos geodésicos associados ao Sistema Geodésico Brasileiro* (62 p.). Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/metodos-e-outros-documentos-de-referencia/normas/16463-especificacao-e-normas-gerais-para-levantamentos-geodesicos-em-territorio-brasileiro.html>

IGN. (n.d.). *Instrucciones técnicas de campaña y gabinete* (340 p.). Instituto Geográfico Nacional, Dirección de Geodesia. Documento interno.

	Orientações para a realização de medições gravimétricas ao redor de estações IHRF	Ref.	Guia05
		Rev.	1.1
		Data	01.04.2025

INEGI. (2015). *Guía metodológica de la red geodésica gravimétrica* (39 p.). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825078799>

Denker, H. (2013). Regional gravity field modeling: Theory and practical results. In G. Xu (Ed.), *Sciences of geodesy—II: Innovations and future developments* (pp. 185–291). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-28000-9_5

Sánchez, L. (2019). Report of the GGOS Focus Area “Unified Height System” and the Joint Working Group 0.1.2: Strategy for the realization of the International Height Reference System (IHRF). *Travaux de l’AIG*, 41, 583–592.

Sánchez, L., & Barzaghi, R. (2020). Activities and plans of the GGOS Focus Area Unified Height System. *EGU General Assembly 2020*, EGU2020-8625. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-8625>

Sánchez, L., Ågren, J., Huang, J., Dayoub, N., Forsberg, R., Gruber, T., Sideris, M. G., & Tenzer, R. (2021). Strategy for the realisation of the International Height Reference System (IHRF). *Journal of Geodesy*, 95, 33. <https://doi.org/10.1007/s00190-021-01481-0>

Wziontek, H., Bonvalot, S., Falk, R., Ihde, J., Jentzsch, G., Mäkinen, J., Meurers, B., Reinhold, A., Rülke, A., & Schuh, H. (2021). Status of the International Gravity Reference System and Frame. *Journal of Geodesy*, 95, 7. <https://doi.org/10.1007/s00190-020-01438-9>