

## Implantação de rede geodésica na zona urbana do município de Santa Helena/PR

### Geodetic network deployment in the urban area of Santa Helena/PR

#### RESUMO

Lucas Xavier Pereira  
[lucasxape2001@gmail.com](mailto:lucasxape2001@gmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena, PR, Brasil

Vinícius Amadeu Stuani Pereira  
[vpereira@utfpr.edu.br](mailto:vpereira@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena, PR, Brasil

Gabriel Panca Santos  
[gabrielpsantos94@gmail.com](mailto:gabrielpsantos94@gmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena, PR, Brasil

Ian Matheus Scher  
[ianmatheusscher@hotmail.com](mailto:ianmatheusscher@hotmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena, PR, Brasil

Luana Machiner Burg  
[luanamachiner8@gmail.com](mailto:luanamachiner8@gmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena, PR, Brasil

Mateus Henrique Biesek  
[mateusbiesek7@outlook.com](mailto:mateusbiesek7@outlook.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena, PR, Brasil

Pablo Henrique Finken  
[pablohenrique\\_2000@hotmail.com](mailto:pablohenrique_2000@hotmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena, PR, Brasil

Rafael Joner Gerhardt  
[rafaeljoner7@gmail.com](mailto:rafaeljoner7@gmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena, PR, Brasil

Silvia Leticia Stragevitch Mendes Silva  
[Silvialeticiaa253@gmail.com](mailto:Silvialeticiaa253@gmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena, PR, Brasil

**Recebido:** 19 ago. 2020.

**Aprovado:** 01 out. 2020.

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



Projetos de redes de esgoto, traçados de estradas, linhas de transmissão de energia, planejamento urbano, mapeamentos em geral, dentre outros, são exemplos de aplicações de engenharia que somente são possíveis de serem executadas, de forma acurada, quando se utilizam coordenadas geodésicas vinculadas a um sistema de referência geocêntrico. A implantação de uma rede geodésica municipal estabelece a infraestrutura de apoio geodésico e topográfico, proporcionando assim a normalização e sistematização de todos os levantamentos, executados em qualquer escala e para qualquer finalidade. Neste sentido, o trabalho de extensão visa estabelecer a rede geodésica na zona urbana de Santa Helena/PR, composta por vinte e cinco vértices distribuídos geometricamente. Até o momento foram implantados nove marcos, tendo sido realizado o nivelamento geométrico composto de visadas iguais de dez seções. Assim foram obtidos os desníveis e, conseqüentemente, as altitudes normais dos vértices com base na única Referência de Nível disponível na área urbana. Ao término do projeto será fornecida a prefeitura relatórios informativos dos vértices da rede, bem como outros produtos, os quais serão disponibilizados aos usuários interessados por meio do sítio eletrônico da prefeitura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Altitude normal. GNSS. Apoio geodésico e topográfico.

#### ABSTRACT

Sewerage projects, road layouts, power transmission lines, urban planning, mapping in general, among others, are examples of engineering applications that are only possible to be performed, accurately, when used geodetic coordinates linked to a geocentric reference system. The implantation of a municipal geodesic network establishes the infrastructure for geodesic and topographic support, thus providing the normalization and systematization of all surveys, carried out at any scale and for any purpose. In this sense, the extension work aims to establish the geodesic network in the urban area of Santa Helena/PR, composed of twenty-five vertices geometrically distributed. So far, nine landmarks have been implemented, and the geometric leveling of equal views of ten sections has been carried out. Thus, the differences and, consequently, the normal height of the vertices were obtained based on the only benchmark available in the urban area. At the end of the project, the city will be provided with informative reports on the vertices of the network, as well as other products, which will be made available to interested users through the city hall website.

**KEYWORDS:** Normal height. GNSS. Geodetic and topographic survey.



## INTRODUÇÃO

A execução e locação de diversas obras de engenharia nos municípios brasileiros, com segurança, precisão e acurácia, são possíveis, nos dias de hoje, graças à utilização de coordenadas geodésicas vinculadas a um sistema de referência geocêntrico, o SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, realização do ano de 2000).

A implantação de uma rede geocêntrica e altimétrica estabelece a infraestrutura de apoio geodésico e topográfico no município, proporcionando a normalização e sistematização de todos os levantamentos, executados em qualquer escala e para qualquer finalidade no domínio municipal por agente públicos e privados (ABNT, 1994).

No Brasil, a infraestrutura geodésica é composta por um conjunto de informações sobre as estações de referência que compõem o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), dada pelas redes planialtimétrica, altimétrica e gravimétrica. A primeira, atualmente, é o arcabouço de medidas realizadas por meio do posicionamento por satélite (GNSS – *Global Navigation Satellite System*), porém também abarca medidas de estação de poligonação (EP) e vértices de triangulação (VT). Já a rede altimétrica possui mais de 65 mil referências de nível (RN) espalhadas pelo território nacional, de extrema importância para obras de engenharia (LUZ; GUIMARÃES, 2001). Por fim, a rede gravimétrica é de fundamental importância no cálculo de modelos geoidais e quase geoidais, utilizados para a transformação da altitude geométrica oriunda do GNSS (com significado matemático) em altitude ortométrica ou normal (com significado físico), sendo o mais recente o *software* MAPGEO2015 (BRITZKOW et al., 2016).

A respeito do Paraná, o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) já implantou a Rede Estadual Planialtimétrica Passiva do Paraná. Entretanto, essa rede pode não suprir as necessidades de algumas atividades dos seus respectivos municípios, pois os espaçamentos entre os vértices dessa rede são significativos, gerando linhas de base longas. Dessa forma, torna-se necessária a implantação de redes municipais, conectadas às redes estaduais e, conseqüentemente, ao SGB.

Em Santa Helena, município paranaense de 758,227 km<sup>2</sup> (IBGE, 2019), além da questão das grandes distâncias entre os vértices, há também a problemática da destruição ou inundação dos marcos das redes planialtimétrica, altimétrica e gravimétrica devido ao represamento do rio Paraná para a construção da Usina Hidrelétrica Binacional de Itaipu. Exemplificando, das 17 RN implantadas no município pelo IBGE, apenas duas encontram-se disponíveis: 1716V (localizada na parte interna de uma propriedade na Vila Celeste) e 1717C (chapa fixada na sacada da rampa do hospital desativado Nossa Senhora das Graças, no centro da cidade) (IBGE, 2018b). Já em relação às estações GNSS há apenas um vértice na mesma localidade da RN 1716V e dois EP, um próximo ao distrito de Moreninha e outro perto do distrito de São Clemente.

Outra questão importante trata-se da recente adoção, por parte do IBGE, da altitude normal (referenciada ao quase geoide) como a oficial no Brasil, substituindo a altitude ortométrica (referenciada ao geoide) (IBGE, 2018a). Assim, na prática, o uso do *software* MAPGEO2015 para a transformação da altitude geométrica em altitude ortométrica tornou-se uma atividade não mais

recomendada. Uma solução para a questão é o desenvolvimento de um modelo quase geoidal local, a partir da técnica GNSS/nivelamento geométrico (ARANA; ARANA, 2014), para a interpolação da anomalia de altitude, utilizada na conversão da altitude geométrica em normal.

Portanto, pretende-se no projeto (iniciado em setembro de 2019) solucionar o problema da falta de infraestrutura de apoio topográfico e geodésico na zona urbana do município de Santa Helena a partir da implantação de uma rede geodésica (geocêntrica e altimétrica), conforme já realizados nos municípios de Pato Branco/PR (PRADO et al., 2013) e Monte Carmelo/MG (ROSA et al., 2017), bem como, disponibilizar aos agentes e profissionais de engenharia um modelo quase geoidal local para a correta conversão da altitude fornecida pelo GNSS em altitude normal, relatórios informativos dos vértices da rede além de outros produtos pertinentes. Secundariamente, o projeto visa a realização de palestras aos agentes sobre a importância de vincular seus projetos ao SGB, proporcionar aos alunos a possibilidade de empregar os conceitos teóricos adquiridos nas disciplinas de Topografia 1 e Topografia 2, e envolver os alunos com profissionais de engenharia, promovendo a interação com a comunidade externa.

## MATERIAL E MÉTODOS

As etapas previstas para o desenvolvimento do projeto, juntamente com os prazos, são apresentados no Quadro 1. Ressalta-se que devido à pandemia da COVID-19 o projeto não está sendo realizado desde março de 2020, ou seja, várias atividades encontram-se atrasadas.

Quadro 1 – Cronograma de execução do projeto

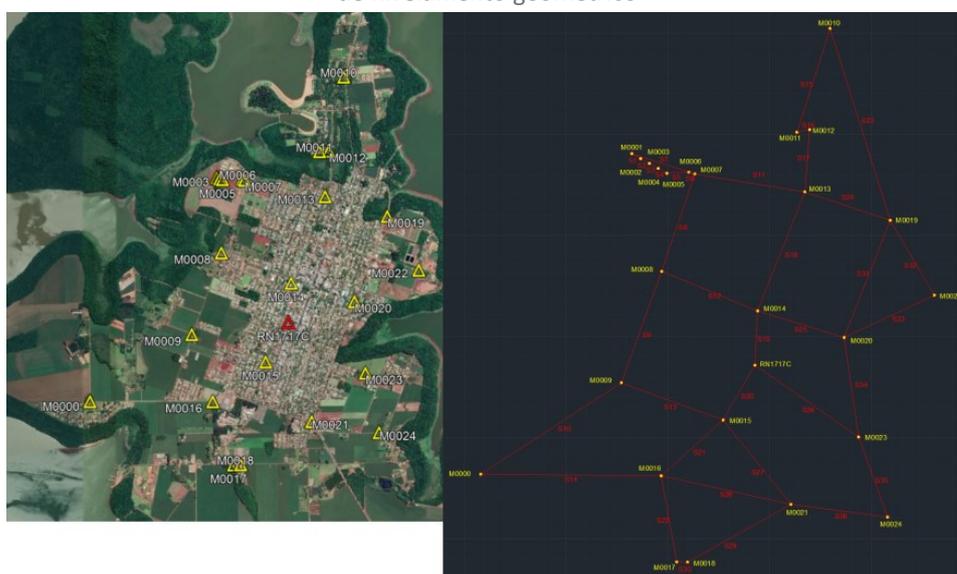
Etapa	Início	Término
A) Reuniões para determinação das localizações dos vértices da rede	01/09/2019	30/09/2019
B) Implantação dos marcos geodésicos	01/09/2019	31/05/2020
C) Execução do nivelamento geométrico para o transporte da altitude normal aos vértices da rede	01/09/2019	31/05/2020
D) Controle de qualidade do nivelamento geométrico	01/09/2019	31/05/2020
E) Ajustamento pelos mínimos quadrados das seções de nivelamento geométrico	01/06/2020	30/06/2020
F) Coleta de dados GNSS dos vértices da rede pelo método de posicionamento relativo estático	01/07/2020	31/08/2020
G) Processamento dos dados GNSS e obtenção das coordenadas dos vértices da rede	01/07/2020	31/08/2020
H) Controle de qualidade da coleta e do processamento de dados GNSS	01/07/2020	31/08/2020
I) Determinação da anomalia de altitude dos vértices da rede pelo método GNSS/nivelamento geométrico e desenvolvimento de modelo quase geoidal local	01/09/2020	30/09/2020
J) Geração de relatórios informativos dos vértices da rede	01/10/2020	31/10/2020
K) Disponibilização dos produtos gerados no <i>website</i> da prefeitura e realização de palestras aos agentes	01/11/2020	31/12/2020

Fonte: Autoria própria (2020).

Com a colaboração voluntária de nove alunos do curso de Agronomia, o projeto encontra-se nas etapas C e D. Os métodos e materiais empregados nas etapas A, B, C e D são apresentados na sequência.

Na etapa A ocorreram reuniões com a equipe executora, em que se definiu que a rede terá 25 vértices, nomeados de M0000 a M0024, e 36 seções de nivelamento, nomeados de S1 a S36. Os locais de implantação foram previamente escolhidos respeitando a condição de apresentar boa visibilidade do horizonte local em quase todas as direções, bem como, serem de fácil acesso e estáveis. A Figura 1 apresenta a disposição dos vértices e a geometria das seções.

Figura 1 – Localização aproximada dos vértices da rede geodésica e geometria das seções de nivelamento geométrico



Fonte: Adaptado do Google Earth.

Na etapa B, os marcos geodésicos foram adquiridos pelo coordenador responsável do projeto no município de Presidente Prudente/SP. Os marcos atendem aos padrões de construção estabelecidos pelo IBGE (2008). Diferentemente do inicialmente proposto, não se realizou a implantação dos 25 marcos de uma só vez. A equipe executora estabeleceu que a implantação fosse realizada à medida que as seções de nivelamento forem executadas.

No projeto está sendo aplicado o nivelamento geométrico composto de visadas iguais (etapa C) (VEIGA et al., 2012). A grande vantagem desse método é a minimização de erros causados pela curvatura terrestre, refração atmosférica e colimação do nível. A NBR 13133 (ABNT, 1994) estabelece quatro classes de nivelamento. No projeto é aplicada a Classe IN, que se trata do nivelamento geométrico para implantação de referências de nível de apoio altimétrico. Assim, determinado o desnível entre os marcos, utilizando um nível topográfico Pentax AP230, miras estadimétricas e sapatas, é possível obter as altitudes dos mesmos, desde que haja uma RN conhecida na região. A única RN disponível na zona urbana de Santa Helena é a 1717C, localizada no hospital desativado Nossa Senhora das Graças, rua Argentina nº 1800, com altitude normal de  $257,8164 \pm 0,066$  m (Figura 2) (IBGE, 2018b).

Figura 2 – Localização da RN1717C



Fonte: Autoria própria (2019).

A fim de evitar a ocorrência de erros sistemáticos, estão sendo considerados os cuidados usuais estabelecidos pela NBR 13133 (ABNT, 1994), que visam o controle de qualidade do levantamento. A qualidade também está sendo controlada através das diferenças entre o nivelamento e o contranivelamento, observando a seguinte tolerância para a Classe IN:  $12 \text{ mm} \times \text{raiz de } K$ , onde  $K$  é a extensão nivelada em quilômetros.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a anotação das leituras dos fios estadimétricos superior (FS), médio (FM) e inferior (FI) nas miras verticais e de outros dados necessários foi elaborado pela equipe executora um modelo de caderneta de campo (Figura 3).

Até o momento foram realizadas nove práticas de campo, executando os nivelamentos de 10 seções: S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S12 e S19, e determinando as altitudes normais de forma inicial dos vértices M0001, M0002, M0003, M0004, M0005, M0006, M0007, M0008 e M0014. A Figura 4 mostra os alunos voluntários realizando os nivelamentos das seções S8 e S19.



Até o momento foi nivelada aproximadamente 3 km de distância, obtendo os seguintes desníveis para as seções:  $\Delta H_{S1}$  (M0001 para M0002) = 0,1570 m;  $\Delta H_{S2}$  (M0002 para M0003) = 0,0560 m;  $\Delta H_{S3}$  (M0003 para M0004) = -0,0095 m;  $\Delta H_{S4}$  (M0004 para M0005) = 0,0410 m;  $\Delta H_{S5}$  (M0005 para M0006) = -1,7375 m;  $\Delta H_{S6}$  (M0006 para M0007) = -0,2895 m;  $\Delta H_{S7}$  (M0001 para M0007) = -1,7885 m;  $\Delta H_{S8}$  (M0007 para M0008) = 0,4350 m;  $\Delta H_{S12}$  (M0008 para M0014) = 27,8240 m; e  $\Delta H_{S19}$  (RN1717C para M0014) = 2,9290 m. Ressalta-se que para a seção S12 ainda não foi realizado o contranivelamento.

O controle de qualidade indicou que o erro cometido nas seções S1 a S7 atenderam às tolerâncias altimétricas estabelecidas. Em contrapartida, os erros altimétricos das seções S8 e S19 foram minimamente superiores às tolerâncias. Contudo, a equipe executora julgou que não seria necessário refazer os levantamentos de campo novamente, haja vista que no final do projeto será executada o Ajustamento de Observações pelo método paramétrico (GEMAEL et al., 2015), considerando o critério dos mínimos quadrados.

Por fim, as altitudes normais iniciais estimadas dos vértices implantados até o momento são:  $H_{M0001} = 234,2689$  m;  $H_{M0002} = 234,4259$  m;  $H_{M0003} = 234,4819$  m;  $H_{M0004} = 234,4724$  m;  $H_{M0005} = 234,5134$  m;  $H_{M0006} = 232,7759$  m;  $H_{M0007} = 232,4864$  m;  $H_{M0008} = 232,9214$  m; e  $H_{M0014} = 260,7454$  m.

## CONCLUSÕES

Como resultados finais do projeto têm-se os seguintes produtos a serem disponibilizados aos profissionais da área de engenharia e afins: 1) implantação de rede geodésica na zona urbana do município de Santa Helena; 2) desenvolvimento de modelo quase geoidal local da zona urbana do município; e 3) relatórios informativos dos vértices da rede geodésica. O produto 1) encontra-se em fase de execução. Os demais produtos possuem datas de início a partir do retorno das aulas presenciais na UTFPR câmpus Santa Helena.

A partir desses produtos, pretende-se, portanto, solucionar o problema da falta de infraestrutura de apoio topográfico e geodésico na zona urbana, bem como, disponibilizar aos agentes um modelo quase geoidal local para a correta conversão da altitude fornecida pelo receptor GNSS em altitude normal. Tais produtos também exprimem, de forma prática, a maioria dos conceitos que os acadêmicos irão adquirir nas disciplinas de Topografia 1 e Topografia 2 do curso de Agronomia.

## AGRADECIMENTOS

Os autores do projeto agradecem à coordenação do curso de Agronomia da UTFPR, câmpus Santa Helena, pelo empréstimo dos equipamentos topográficos, bem como, à Secretaria Municipal de Planejamento de Santa Helena, pela autorização para implantação dos marcos geodésicos e realização dos trabalhos de campo no município.

## REFERÊNCIAS

ARANA, D.; ARANA, J. M. Associação GNSS/nivelamento ao MAPGEO2010 na determinação da ondulação geoidal. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO*, 5., 2014, Recife. **Anais...** Recife, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13133**: Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro, 1994. 35p.

BRITZKOW, D.; MATOS, A. C. O. C.; MACHADO, W. C.; NUNES, M. A.; LENGROBER, N. V.; XAVIER, E. M. L.; FORTES, L. P. S. MAPGEO2015: o novo modelo de ondulação geoidal do Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n.10, 2016.

GEMAE, C.; MACHADO, A. M. L.; WANDRESEN, R. **Introdução ao ajustamento de observações**: aplicações geodésicas. 2. ed. Curitiba: Ed. UFPR, 2015. 430p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Padronização de Marcos Geodésicos**, 2008. Disponível em:  
<<https://www.ibge.gov.br/geociencias/metodos-e-outros-documentos-de-referencia/normas/16466-padronizacao-de-marcos-geodesicos.html?=&t=downloads>>. Acesso em: 2 abr. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Relatório – Reajustamento da Rede Altimétrica com Números Geopotenciais (REALT-2018)**. Rio de Janeiro, 2018a. 47p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Relatório de Estação Geodésica – RN 1717C**, 2018b. Disponível em:  
<<http://www.bdg.ibge.gov.br/bdg/pdf/Relatorio.asp?L1=1717C>>. Acesso em: 1 abr. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Dados gerais do município de Santa Helena/PR**, 2019. Disponível em:  
<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/santa-helena/panorama>>. Acesso em: 1 abr. 2019.

LUZ, R. T.; GUIMARÃES, V. M. Realidade e Perspectivas da Rede Altimétrica de Alta Precisão do Sistema Geodésico. *In: COLÓQUIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS*, 2., 2001, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2001.

PRADO, N. D. N.; BORTOLINI, W.; AGUIAR, C. R.; GRANEMANN, D. C. Análise do modelo geoidal do município de Pato Branco. **Sysnergismus Scientifica UTFPR**, v. 8, n. 1, 2013.

ROSA, R. S.; TAVARES, V. R.; RESENDE, G. C.; MÁXIMO, L. F.; GUIMARÃES, G. N. Implantação de rede geodésica no município de Monte Carmelo-MG. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 27., 2017, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2017.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. **Fundamento de Topografia**, 2012. Disponível em:  
<[http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos\\_topo.pdf](http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf)>. Acesso em: 1 abr. 2019.