

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

JOHN WESLEY DE SOUZA SANTOS

**Análise comparativa de dados planialtimétricos obtidos com software QGIS x  
GNSS RTK em área de estudo da UFSCar - CCA**

ARARAS -SP  
2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

JOHN WESLEY DE SOUZA SANTOS

**Análise comparativa de dados planialtimétricos obtidos com software QGIS x GNSS  
RTK em área de estudo da UFSCar - CCA**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado a Graduação em  
Engenharia Agrônômica da  
Universidade Federal de São Carlos,  
para obtenção do título de Engenheiro  
Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Roberto  
Bizari

ARARAS-SP

2025

## AGRADECIMENTO

A Deus, por me conceder força, sabedoria e fé em todos os momentos dessa jornada. Por me guiar nos caminhos certos, renovar minhas esperanças e me permitir chegar até aqui com saúde e determinação.

Aos meus pais, pelo amor incondicional, pelos ensinamentos e por sempre acreditarem em mim, mesmo nos momentos mais desafiadores. Foram eles o alicerce da minha formação e os maiores exemplos de honestidade, trabalho e caráter.

À minha esposa, pela paciência, compreensão e apoio constante. Sua presença foi essencial nos dias difíceis, e seu amor me deu forças para seguir em frente e nunca desistir. À minha filha, que com seu sorriso e inocência me trouxe leveza e inspiração para continuar, mesmo diante das maiores dificuldades.

Ao meu sócio e amigo, pela parceria construída ao longo dessa caminhada. Sua dedicação e comprometimento foram fundamentais não apenas para o crescimento da nossa empresa, mas também para o meu desenvolvimento pessoal e profissional. Em muitos momentos, enquanto eu me dedicava à graduação, foi ele quem carregou boa parte das responsabilidades, trabalhando com afinco para que eu pudesse conciliar estudo e trabalho. Sua lealdade, amizade e incentivo foram pilares importantes nesta conquista.

Agradeço a UFSCar, provedora de todo conhecimento aqui adquirido e demonstrado, bem como ao GETI (Grupo de Estudo em Tecnologia de Irrigação), ao qual participei de 2021 a 2023 e que foi determinante para o meu aprendizado. Agradeço ao professor Douglas, orientador deste trabalho, que foi paciente e sempre pronto a ajudar durante minha jornada acadêmica.

A todos os professores e colegas que, de alguma forma, contribuíram para minha formação, deixo meu sincero agradecimento. Cada aprendizado, troca de experiência e desafio compartilhado fizeram parte da construção deste resultado.

E a todos que, direta ou indiretamente, estiveram presentes nesta trajetória, o meu mais profundo agradecimento. Este trabalho é também fruto de cada gesto de apoio, confiança e amizade recebidos ao longo do caminho.

“E não somente isso, mas também nos gloriamos nas tribulações, sabendo que a tribulação produz perseverança; e a perseverança, experiência; e a experiência, esperança.”

Romanos, 5: 3-4

## RESUMO

Com advento das tecnologias, as geotecnologias vêm se destacando nos últimos anos, sobretudo no campo da topografia. Atualmente existem diversas formas de realizar uma leitura topográfica de determinada área, seja in loco ou de forma remota, por meio de softwares livres que utilizam imagens de satélites. Entretanto cada qual desses sistemas dispõe de particularidades técnicas que podem comprometer todo um trabalho realizado, haja vista que dados planialtimétricos obtidas in loco ou através de uma imagem via satélite podem apresentar correspondências diferentes. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise comparativa entre os dados planialtimétricos obtidos por meio do software QGIS e da tecnologia GNSS RTK (Real Time Kinematic), visando avaliar a precisão, eficiência e limitações de cada abordagem para levantamentos topográficos. A pesquisa foi conduzida em uma área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), utilizando o QGIS 3.40.9 para extração de coordenadas e o receptor GNSS RTK (CHC NAV) para coleta de dados em campo. Os resultados evidenciaram uma elevada correspondência planimétrica entre os métodos e pequenas variações altimétricas, com diferença média de  $\Delta Z = -0,24$  m, demonstrando a confiabilidade do GNSS RTK para levantamentos de precisão. As discrepâncias mais acentuadas foram atribuídas a diferenças de Datum vertical e à resolução do Modelo Digital de Elevação (MDE) empregado no QGIS.

A integração entre o GNSS RTK e o QGIS mostrou-se tecnicamente viável e vantajosa, combinando a precisão centimétrica do posicionamento GNSS com as ferramentas analíticas e de visualização do ambiente SIG. Conclui-se que, embora o QGIS seja adequado para análises preliminares e planejamento, o GNSS RTK apresenta desempenho superior em termos de acurácia e confiabilidade. O uso conjunto de ambas as plataformas constitui, portanto, uma alternativa eficiente, precisa e economicamente viável para levantamentos topográficos aplicados às áreas agrícola, ambiental e de engenharia.

Palavras-chave: Geotecnologias; Levantamento Planialtimétrico; Levantamento topográfico

## ABSTRACT

With the advent of technology, geotechnologies have been gaining prominence in recent years, especially in the field of surveying. Currently, there are several ways to perform a topographic survey of a given area, either on-site or remotely, using free software that utilizes satellite imagery. However, each of these systems has technical particularities that can compromise the entire project, given that planimetric and altimetric data obtained on-site or through satellite imagery may present different correspondences. In this sense, the present study aimed to conduct a comparative analysis between planialtimetric data obtained through the QGIS software and GNSS RTK (Real Time Kinematic) technology, in order to evaluate the accuracy, efficiency, and limitations of each approach for topographic surveying. The research was carried out in an experimental area of the Agricultural Sciences Center at the Federal University of São Carlos (UFSCar), using QGIS 3.40.9 for coordinate extraction and a GNSS RTK receiver (CHC NAV) for field data collection. The results showed a high planimetric correspondence between the methods and small altimetric variations, with an average difference of  $\Delta Z = -0.24$  m, demonstrating the reliability of GNSS RTK for precision surveys. The most significant discrepancies were attributed to differences in vertical datums and to the resolution of the Digital Elevation Model (DEM) used in QGIS.

The integration between GNSS RTK and QGIS proved to be technically feasible and advantageous, combining the centimeter-level accuracy of GNSS positioning with the analytical and visualization tools of the GIS environment. It is concluded that, although QGIS is suitable for preliminary analyses and planning, GNSS RTK offers superior performance in terms of accuracy and reliability. Therefore, the combined use of both platforms constitutes an efficient, precise, and economically viable alternative for topographic surveys applied to agricultural, environmental, and engineering fields.

Keywords: Topography; Geotechnologies; Planialtimetric Survey; Topographic Survey.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Tabela 01-</b> Coordenadas dos limites da área de estudo.....	<b>14</b>
<b>Tabela 02-</b> Comparativo das coordenadas X,Y e Z obtidas através do levantamento topográfico com QGIS. ....	<b>20</b>
<b>Fotografia 01-</b> Avaliação dos pontos em campo. ....	<b>15</b>
<b>Fotografia 02-</b> Avaliação dos pontos em campo. ....	<b>15</b>
<b>Figura 01-</b> Coordenadas e altimetrias de pontos específicos da área de estudo utilizando o software QGIS. ....	<b>17</b>
<b>Figura 02-</b> Mapa gerado na coletora de dados do GNSS RTK. ....	<b>18</b>
<b>Figura 03-</b> Coordenadas e altimetrias de pontos específicos da área de estudo utilizando o GNSS RTK.....	<b>19</b>

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>10</b>
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1 Objetivos específicos .....</b>	<b>13</b>
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>14</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>5.1. COMPARAÇÃO DOS DADOS PLANIALTIMÉTRICOS OBTIDOS PELO QGIS E PELO GNSS RTX.....</b>	<b>16</b>
<b>5.2. AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DO USO CONJUNTO DAS PLATAFORMAS PARA LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO .....</b>	<b>21</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>23</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>25</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As geotecnologias vêm sendo amplamente empregadas no monitoramento ambiental, consolidando-se como um conjunto de ferramentas fundamentais para o estudo e a gestão do espaço geográfico. Seu conceito abrange tecnologias diversas, como o Sistema Global de Navegação por Satélite (Global Navigation Satellite System – GNSS), o Sensoriamento Remoto, a Cartografia Digital, o Geoprocessamento e os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) (CORAZZA; MARTINS; LOSS, 2014).

Essas ferramentas possibilitam a coleta, o tratamento e a análise de dados espaciais com maior precisão e agilidade, tornando-se indispensáveis em atividades voltadas ao planejamento territorial, conservação ambiental e atividade agrícola.

Até o final do século XX, predominava o uso de softwares particulares nas atividades de geoprocessamento, o que limitava o acesso de usuários devido ao custo elevado e às restrições de licenciamento, entretanto, com o surgimento e a consolidação de programas desenvolvidos de forma colaborativa e licenciados como software livre, esse cenário passou por uma significativa transformação e atualmente, estão disponíveis SIGs livres como SPRING, Quantum GIS (QGIS) e gvSIG, que se destacam pela qualidade, flexibilidade e acessibilidade (NANNI; CHAVES, 2011; NASCIMENTO et al., 2007).

Essas características têm favorecido a disseminação de tais tecnologias, ampliando seu uso em instituições de ensino, pesquisa e órgãos públicos, além de facilitar a formação de profissionais capacitados no tratamento e análise de informações geoespaciais, especialmente nas áreas ambientais (NANNI; CHAVES, 2011).

No mercado de trabalho atual, a qualidade dos serviços prestados é um fator essencial que define o nível de profissionalismo em qualquer área técnica, na engenharia de agrimensura e/ou topografia, oferecer um levantamento geodésico com dados modelados com base em precisão e acurácia é de extrema relevância, especialmente em obras e projetos de engenharia. De acordo com Leick (1994), acurácia corresponde à proximidade das observações em relação ao valor real, enquanto precisão se refere à proximidade das observações entre si, com as novas tecnologias e equipamentos de ponta utilizados, estão fortemente vinculados à

evolução científica, refletindo o avanço contínuo dos métodos e instrumentos de medição.

Entre essas tecnologias, destaca-se o sistema GNSS/RTK (Real Time Kinematic), amplamente reconhecido por sua capacidade de fornecer resultados com elevado nível de precisão e eficiência, além de apresentar excelente relação custo-benefício, essa tecnologia é capaz de gerar produtos finais confiáveis para projetos que exigem grande rigor métrico, sendo um recurso de destaque no contexto dos levantamentos geodésicos modernos (Bol. Ciênc., 2002).

O desenvolvimento tecnológico constante tem impulsionado o surgimento de novas técnicas e instrumentos, como o laser scanner, que representa um significativo avanço na mensuração e na representação do espaço geográfico, especialmente quando utilizado em conjunto com o sistema RTK, assim, os produtos gerados a partir dessas tecnologias são caracterizados por alta precisão, constituindo ferramentas complementares de grande utilidade para projetos e obras de engenharia.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

Quando é falado de topografia é imprescindível lembrar de métodos utilizados no passado. A cartografia, ciência e arte de representar graficamente a superfície terrestre, é uma das disciplinas mais antigas e essenciais ao desenvolvimento humano, desde os tempos remotos. O ato de se localizar e representar o espaço por meio de mapas foi um instrumento de sobrevivência e de organização do território. Atualmente a cartografia constitui a base para a representação e interpretação dessas informações, sendo o elo entre o dado e sua leitura espacial (ROSENTHAL, D.; MEIRA, S.R.L., 1995).

Como GASPAR (2005) cita, a cartografia pode ser dividida em cartografia de base e cartografia temática, na qual a primeira abrange informações gerais e de maior grau de acurácia, como hidrografia e limites territoriais, que servem de suporte para diferentes representações; enquanto a segunda dedica-se à comunicação de fenômenos específicos, com enfoque em informações qualitativas e quantitativas sobre temas variados, como a cobertura vegetal (RIBEIRO, 2017).

De acordo com Menezes & Fernandes (2013), a cartografia é simultaneamente uma arte, uma ciência e uma técnica voltada à concepção, produção e utilização de mapas, sendo essencial para a compreensão e a comunicação das dinâmicas espaciais.

Como descreve FIGUEREDO (2005) entre as ciências que sustentam a produção cartográfica moderna destaca-se o sensoriamento remoto, que consiste na obtenção de informações sobre a superfície terrestre sem contato direto entre o sensor e o objeto estudado, essa técnica baseia-se na captação e registro da energia refletida ou emitida pelos alvos terrestres, utilizando sensores instalados em satélites, aeronaves ou outros dispositivos orbitais.

Segundo MOREIRA (2001), o sensoriamento remoto constitui uma das principais ferramentas aplicadas nas ciências da agrimensura e do geoprocessamento, permitindo o monitoramento contínuo dos recursos naturais e das alterações na superfície terrestre em escala global.

Com o avanço tecnológico, a resolução espectral e espacial das imagens captadas por sensores tem aumentado expressivamente, alcançando valores inferiores a um metro, o que permite aplicações mais detalhadas e precisas em estudos de levantamento de recursos naturais, mapeamento temático e monitoramento ambiental (LIU, W.T.H., 2015).

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) podem ser compreendidos como sistemas compostos por uma interface gráfica, ferramentas analíticas e acesso a bancos de dados georreferenciados, que permitem a integração e manipulação de diferentes tipos de informações espaciais (CÂMARA, G.; ORTIZ, M. J., 1998).

De acordo com OLIVEIRA JUNIOR, W.A. de et al. (2023) esses sistemas, representados por softwares como o QGIS e programas similares, possibilitam a análise, a modelagem e a visualização de fenômenos geográficos de forma precisa e dinâmica. Entre os principais formatos de dados utilizados destacam-se o *shapefile*, voltado ao armazenamento de informações vetoriais, e o GeoTIFF, destinado aos dados matriciais, geralmente derivados de sensores remotos.

Nesse contexto, ferramentas como GNSS RTK (Real Time Kinematic) e o software QGIS têm se destacado por oferecerem soluções precisas, acessíveis e de ampla aplicabilidade em atividades de mapeamento.

Segundo Hofmann-Wellenhof, et.al. (2008) o GNSS RTK constitui uma técnica de posicionamento por satélite que utiliza correções em tempo real, possibilitando acurácia centimétrica sem a necessidade de extenso pós-processamento, com a tecnologia GNSS, em suas diferentes constelações, engloba sistemas como GPS, vem sendo muito utilizada em geoprocessamento.

Essa técnica é amplamente empregada em aplicações topográficas, agrícolas, ambientais e de engenharia devido à sua confiabilidade e rapidez. No entanto, fatores como obstruções físicas, multipercurso e dependência de comunicação contínua para correções ainda representam desafios importantes.

Por outro lado, o QGIS é um sistema de informação geográfica de código aberto que permite a manipulação, visualização, análise e integração de diversos tipos de dados espaciais, o software tem se consolidado como uma ferramenta robusta, compatível com numerosos formatos vetoriais e matriciais, além de oferecer recursos avançados de geoprocessamento, o que o torna ideal para estudos de cartografia, sensoriamento remoto e levantamento topográfico (MEDEIROS, 2015; SANTOS et al., 2013).

A integração entre dados coletados por GNSS RTK e o ambiente analítico do QGIS tem se mostrado uma alternativa eficaz para levantamentos planialtimétricos e essa combinação permite não apenas o armazenamento e a visualização dos dados, mas também a geração de Modelos Digitais de Terreno (MDT), mapas topográficos e análises mais aprofundadas sobre a superfície mapeada (CLICKGEO, 2015).

Nesse contexto, o estudo realizado é o exame crítico das tecnologias envolvidas, ao comparar a precisão dos dados planialtimétricos obtidos pelo GNSS RTK e pelo QGIS, buscando identificar discrepâncias entre os métodos e verificar a consistência das informações geradas, essa comparação é fundamental, uma vez que a precisão é um parâmetro essencial em levantamentos que demandam rigor técnico, como obras de engenharia ou delimitação territorial (SEBER, 2003).

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), quando bem utilizados, favorecem a consolidação e interpretação de dados geoespaciais, e o QGIS tem se mostrado uma das plataformas mais versáteis nesse processo (LONGLEY et al., 2015).

Entretanto o QGIS pode demandar maior conhecimento técnico para execução de análises avançadas e manipulação de grandes volumes de dados (CLICKGEO, 2015). Assim, compreender tais obstáculos permite que o usuário selecione a ferramenta mais adequada às necessidades de cada projeto.

Dessa forma, a integração entre os SIGs, a cartografia e o sensoriamento remoto constituem a base do trabalho moderno em geotecnologias. Essa união permite não apenas o armazenamento e processamento de dados geográficos, mas também a geração de produtos cartográficos e análises espaciais complexas, que subsidiam o planejamento, o monitoramento e a gestão sustentável do território.

### **3. OBJETIVOS**

O objetivo geral deste trabalho é realizar uma análise comparativa de dados planialtimétricos obtidos com o uso de software QGIS e tecnologia GNSS RTK em uma área de estudo localizada no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da UFSCar, avaliando a precisão, eficiência e limitações de cada abordagem para levantamento topográfico.

#### **3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Os objetivos específicos são:

- 1) Avaliar a viabilidade de uso do QGIS em conjunto com dados GNSS RTK para levantamento topográfico;
- 2) Investigar as limitações e dificuldades associadas ao uso de cada tecnologia.

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em uma área experimental localizada no campus da Universidade Federal de São Carlos – Centro de Ciências Agrárias, na cidade de Araras, interior de São Paulo, com aproximadamente 27.000 m<sup>2</sup>. A referida área já havia sido objeto de levantamento topográfico anterior, realizado em 2024 por solicitação do Grupo de Estudos e Pesquisas em Agricultura (GEPAGRI), com o objetivo de subsidiar análises de terreno para futuras implantações agrícolas, as coordenadas da área são:

**Tabela 01:** Coordenadas dos limites da área de estudo

	E	N	Z
01	254256.161	7530121.156	704.938
02	254278.720	7529924.071	709.589
03	254110.479	7529911.664	706.559
04	254096.104	7530040.679	705.095

FONTE: Elaboração própria (2025)

Para a obtenção inicial dos dados planialtimétricos, foi utilizado o software QGIS, versão 3.40.9, um sistema de informação geográfica de código aberto amplamente utilizado para análise e processamento de dados espaciais (QGIS, 2024), que por meio das ferramentas disponibilizadas pelo programa, foram selecionados e extraídos pontos representativos da área de estudo, incluindo os limites do terreno e pontos internos do talhão. A seleção dos pontos internos foi realizada de forma aleatória, com o objetivo de garantir uma distribuição espacial representativa. O modelo digital do terreno (MDE) utilizado como referência para atribuição dos pontos representativos foi o Copernicus com resolução espacial de 30m, sendo um modelo digital de alta resolução produzido pela Agência Espacial Europeia.

Esses pontos foram posteriormente organizados em uma tabela contendo suas respectivas coordenadas geográficas (latitude e longitude) e altitudes (cotas altimétricas), obtidas a partir dos dados trabalhados na base do QGIS, que é

reconhecida por fornecer dados de relevo com precisão compatível com aplicações preliminares e estudos exploratórios (SANTOS et al., 2017).

Na segunda etapa, procedeu-se à verificação dos dados planialtimétricos obtidos no QGIS em campo, como na **Fotografia 01** e **Fotografia 02** com o objetivo de obter as coordenadas reais por meio da tecnologia de posicionamento GNSS com correção diferencial em tempo real (RTK). Para isso, foi utilizado o receptor GNSS RTK CHC NAV, que é um equipamento de alta precisão capaz de fornecer posicionamento com acurácia e em tempo real, mediante o uso de sinais de correção via rede (LEICK; RANGEL; RAGGIO, 2015).

**Fotografia 01:** Avaliação dos pontos em campo.



FONTE: Fotografia autoral (2025).

**Fotografia 02:** Avaliação dos pontos em campo.



FONTE: Fotografia autoral (2025).

Foi estabelecido um ponto de controle com correção via satélite NTRIP, afim de que todas as coordenadas do GNSS obtidas já saíssem com a correção disponibilizada pelo IBGE. As coordenadas e altimetrias previamente extraídas no QGIS foram inseridas na controladora do receptor GNSS RTK e a partir disso, foi realizada a locação dos pontos em campo, seguindo as posições determinadas no ambiente virtual, após a localização, os pontos foram levantados in loco, registrando-se suas coordenadas e cotas reais.

A etapa final consistiu na comparação direta dos dados obtidos no QGIS com os dados coletados em campo via GNSS RTK, com o intuito de verificar discrepâncias, avaliar a precisão dos dados gerados por ambas as abordagens e discutir as potenciais limitações de cada metodologia.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1. COMPARAÇÃO DOS DADOS PLANIALTIMÉTRICOS OBTIDOS PELO QGIS E PELO GNSS RTX;**

Após o levantamento de dados da área experimental localizada no campus da Universidade Federal de São Carlos – Centro de Ciências Agrárias, na cidade de Araras, interior de São Paulo, onde usando o software QGIS, versão 3.40.9, por meio das ferramentas disponibilizadas pelo programa e o MDE Copernicus, foram selecionados e extraídos dados planialtimétricos dos pontos representativos da área de estudo, incluindo os limites do terreno e pontos internos do talhão, como podemos observar na **Figura 01**.

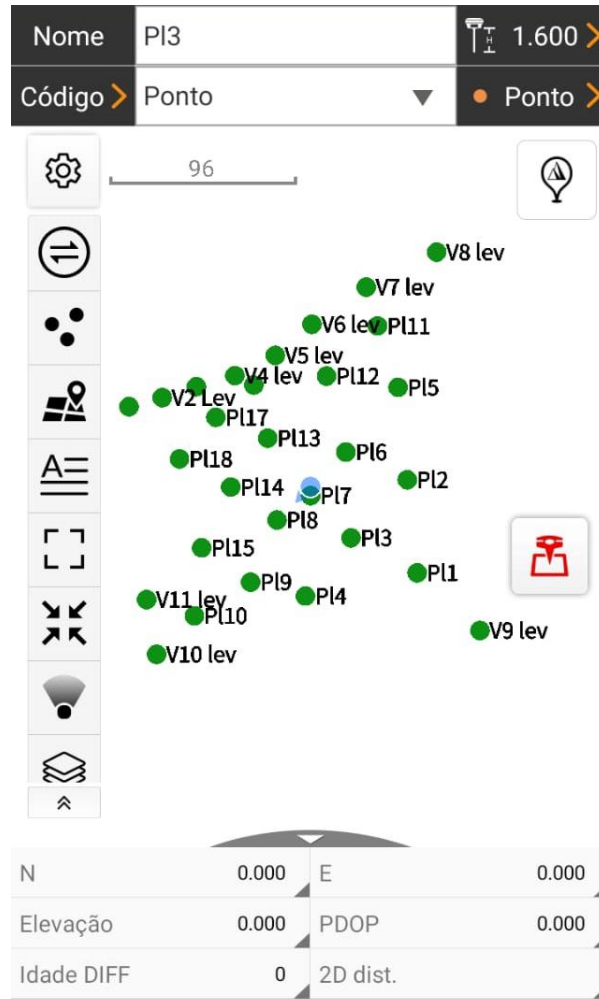
**Figura 01:** Coordenadas e altimetrias de pontos específicos da área de estudo utilizando o software QGIS.



FONTE: Elaboração própria (QGIS, 2025).

Com as coordenadas obtidas via QGIS a **Figura 02** apresenta o mapa gerado diretamente na coletora de dados do sistema GNSS RTK ao final do levantamento in loco, utilizado durante o levantamento planialtimétrico. Esse mapa ilustra a distribuição espacial dos pontos coletados em campo, permitindo visualizar a trajetória percorrida e a disposição das feições mapeadas

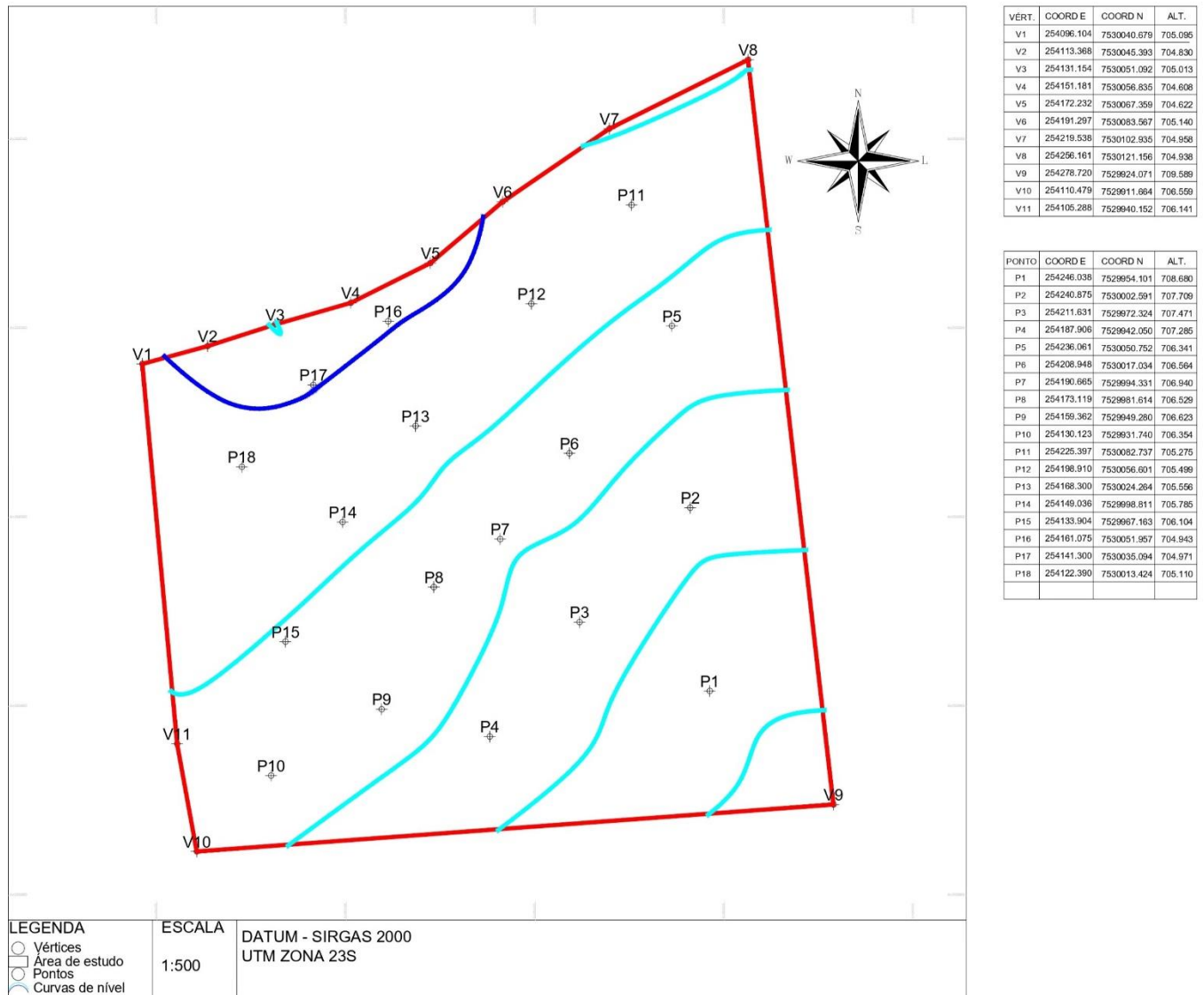
**Figura 02:** Mapa gerado na coletora de dados do GNSS RTK.



FONTE: Elaboração própria (GNSS RTK, 2025).

A **Figura 03** apresenta o mapa obtido após processamento dos dados obtidos com GNSS RTK e elaboração de mapa utilizando software AUTOCAD 2025 para projeção. Observa-se também a tabela com coordenadas e altimetria obtidas nos pontos levantados na área de estudo, conforme tabela abaixo.

**Figura 03:** Coordenadas e altimetrias de pontos específicos da área de estudo utilizando o software GNSS RTK.



FONTE: Elaboração própria (2025).

Observando os resultados obtidos na Figura 01, a tabela a seguir apresenta o comparativo das coordenadas X, Y e Z obtidas por meio de dois métodos distintos de levantamento topográfico: utilizando o software QGIS e com o uso do GNSS RTK. O objetivo desta comparação é avaliar a precisão e a correspondência entre os dados coletados por ambas as técnicas, como visto na **Figura 01** e na **Figura 03**, abaixo.

**Tabela 02:** Comparativo das coordenadas X,Y e Z obtidas através do levantamento topográfico com QGIS e GNSS RTK.

Ponto	Tipo	Norte Lev	Norte QGI	$\Delta Y$	Leste Lev	Leste QGIS	$\Delta X$	Cota Lev	Cota QGIS	$\Delta Z$ (m)
V10	Vértice	7529911.664	7529911.663	0.00	254110.479	254110.480	0.00	706.559	708.690	-2.13
P4	Ponto	7529942.050	7529942.058	-0.01	254187.906	254187.905	0.00	707.285	708.450	-1.17
V5	Vértice	7530067.359	7530067.362	0.00	254172.232	254172.230	0.00	704.622	705.460	-0.84
V9	Vértice	7529924.071	7529924.069	0.00	254278.720	254278.720	0.00	709.589	710.340	-0.75
P14	Ponto	7529998.811	7529998.811	0.00	254149.036	254149.038	0.00	705.785	708.450	-0.67
P17	Ponto	7530035.094	7530035.099	0.00	254141.300	254141.299	0.00	704.971	705.560	-0.59
P13	Ponto	7530024.264	7530024.264	0.00	254168.300	254168.299	0.00	705.556	708.080	-0.52
P8	Ponto	7529981.614	7529981.613	0.00	254173.119	254173.115	0.00	706.529	706.990	-0.46
P2	Ponto	7530002.591	7530002.595	0.00	254240.875	254240.875	0.00	707.709	708.160	-0.45
V4	Vértice	7530056.835	7530056.843	0.00	254151.181	254151.180	0.00	704.608	705.040	-0.43
P3	Ponto	7529972.324	7529972.326	0.00	254211.631	254211.638	0.00	707.471	707.890	-0.42
P10	Ponto	7529931.740	7529931.739	0.00	254130.123	254130.120	0.00	706.354	706.720	-0.37
P12	Ponto	7530056.601	7530056.596	0.00	254198.910	254198.912	0.00	705.499	705.720	-0.22
V8	Vértice	7530121.156	7530121.157	0.00	254256.161	254256.150	0.01	704.938	705.190	-0.25
P16	Ponto	7530051.957	7530051.953	0.00	254161.075	254161.076	0.00	704.943	705.040	-0.10
P9	Ponto	7529949.280	7529949.281	0.00	254159.362	254159.356	0.01	706.623	706.720	-0.10
P7	Ponto	7529994.331	7529994.340	-0.01	254190.665	254190.657	0.01	706.940	706.990	-0.05
P11	Ponto	7530082.737	7530082.737	0.00	254225.397	254225.396	0.00	705.275	705.230	0.05
P6	Ponto	7530017.034	7530017.041	-0.01	254208.948	254208.886	0.06	706.564	706.500	0.06
V6	Vértice	7530083.567	7530083.577	-0.01	254191.297	254191.300	0.00	705.140	705.050	0.09
P15	Ponto	7529967.163	7529967.167	0.00	254133.904	254133.903	0.00	706.104	705.980	0.12
P5	Ponto	7530050.752	7530050.749	0.00	254236.061	254236.059	0.00	706.341	706.200	0.14
P1	Ponto	7529954.101	7529954.097	0.00	254246.038	254246.034	0.00	708.680	708.540	0.14
V2	Vértice	7530045.393	7530045.396	0.00	254113.368	254113.370	0.00	704.830	704.730	0.10
V3	Vértice	7530051.092	7530051.094	0.00	254131.154	254131.160	0.01	705.013	704.730	0.28
V11	Vértice	7529940.152	7529940.154	0.00	254105.288	254105.290	0.00	706.141	705.750	0.39
V7	Vértice	7530102.935	7530102.941	-0.01	254219.538	254219.540	0.00	704.958	704.490	0.47
V1	Vértice	7530040.679	7530040.684	0.00	254096.104	254096.100	0.00	705.095	704.610	0.49
P18	Ponto	7530013.424	7530013.429	-0.01	254122.390	254122.381	0.01	705.860	704.860	0.25

FONTE: Elaboração própria (2025).

A análise comparativa dos dados planialtimétricos obtidos por GNSS RTK (CHCNAV iBase e i93) e aqueles derivados do software QGIS demonstrou elevada correspondência planimétrica e pequenas variações altimétricas, evidenciando a confiabilidade do método de posicionamento cinemático em tempo real para levantamentos topográficos de precisão, a diferença média negativa observada no componente altimétrico ( $\Delta Z = -0,24$  m) indica uma leve tendência das cotas medidas em campo serem inferiores às cotas extraídas do Modelo Digital de Elevação (MDE) utilizado no QGIS, diferença considerada aceitável dentro dos limites de precisão esperados para esse tipo de análise, que é de 0,50m para o MDE Copernicus (IBGE, 2020; SILVA et al., 2021).

As discrepâncias mais acentuadas registradas nos pontos V10 (-2,13 m) e PL4 (-1,17 m) podem ser atribuídas à resolução espacial do MDE Copernicus ou ainda a eventuais ruídos na recepção do sinal GNSS em campo (CAMARGO; MONICO; DAL POZ, 2019), bem como atribuídas a modificação do terreno para plantio efetuadas durante o preparo do solo.

De modo geral, a consistência observada no conjunto dos dados confirma a compatibilidade entre o levantamento GNSS e os dados geoespaciais do QGIS, reforçando que a integração entre ambas as fontes constitui uma alternativa tecnicamente viável e precisa para aplicações em topografia, georreferenciamento e planejamento territorial.

## **5.2. AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DO USO CONJUNTO DAS PLATAFORMAS PARA LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO;**

A combinação dessas plataformas representa uma alternativa moderna e eficiente para levantamentos planialtimétricos, unindo a precisão da coleta GNSS com as capacidades analíticas e de visualização do ambiente SIG.

O GNSS RTK dispõe ainda de correção NTRIP, que é uma tecnologia de posicionamento que utiliza correções transmitidas via satélite ou internet, dispensando o uso de bases locais e proporcionando acurácia centimétrica. De acordo com comunicado técnico da Trimble Inc., a tecnologia “deliver[s] two-centimeter accuracy for a broad range of position in applications” (TRIMBLE, 2018), havendo o destaque que os sistemas NTRIP apresentam desempenho comparável a métodos RTK e RTN, com precisão horizontal média inferior a 2 cm e vertical de 5

cm em condições ideais de observação, essa precisão o torna adequado para aplicações em engenharia, agrimensura e geoprocessamento.

O QGIS, por sua vez, é uma aplicação SIG de código aberto voltada ao tratamento, análise e visualização de dados geoespaciais. Ferramentas como geração de curvas de nível, modelagem digital de elevação (MDE) e avaliação de acurácia planialtimétrica tornam-no essencial no pós-processamento de levantamentos topográficos (SILVA JÚNIOR; FRANÇA; MORAES, 2022). Sua aplicabilidade é ampla, indo desde estudos ambientais até mapeamentos urbanos e rurais.

A integração entre o GNSS RTK e o QGIS mostra-se altamente viável e vantajosa, o primeiro fornece medições precisas e rápidas em campo, enquanto o segundo permite o pós-processamento, o controle de qualidade e a visualização dos dados.

De acordo com Gschwender et al. (2022), métodos de correção GNSS baseados em serviços NTRIP oferecem precisão suficiente para aplicações em engenharia e mapeamento de campo, desde que observadas boas condições de visibilidade de satélite, além disso, a interoperabilidade entre as plataformas garante eficiência operacional: dados adquiridos via GNSS RTK podem ser importados diretamente para o QGIS, permitindo a geração de mapas, curvas de nível e produtos topográficos completos.

A combinação de sensores GNSS de alta precisão com softwares SIG possibilita alcançar resultados consistentes em aplicações agrícolas e de engenharia, otimizando tempo e recursos e reduzindo a necessidade de retrabalho em campo (CATANIA, 2020).

Entretanto, alguns aspectos limitantes devem ser considerados para garantir a confiabilidade dos resultados, já que a acurácia vertical do GNSS ainda é inferior a horizontal, especialmente em áreas com obstrução de satélites.

Trong e Dung (2024) demonstraram que o erro altimétrico médio em levantamentos GNSS pode chegar a 5 cm sob condições de campo variáveis, mesmo com correção NTRIP, observando que ainda com discrepâncias entre sistemas de referência geodésicos e parâmetros de transformação podem introduzir erros sistemáticos, devendo-se padronizar o Datum entre o GNSS e o QGIS para garantir a consistência planialtimétrica.

A viabilidade do uso conjunto também depende da escala e finalidade do levantamento, para aplicações em engenharia civil, agrimensura, geoprocessamento urbano e mapeamentos regionais, a integração entre QGIS e GNSS RTK é altamente recomendada, pois oferece precisão adequada e excelente custo-benefício, em comparação a levantamentos de controle geodésico ou monitoramento de deformações estruturais, contudo, podem ser necessários métodos complementares com precisão milimétrica ou o uso de estação base local.

De modo geral, quando a análise dos dados planialtimétricos obtidos por ambas as plataformas apresenta diferenças dentro das tolerâncias normativas, o uso combinado é plenamente viável.

Em síntese, o uso conjunto das plataformas QGIS e GNSS RTK é tecnicamente viável, eficiente e economicamente vantajoso para levantamentos topográficos que demandam uma maior precisão. O GNSS RTK oferece excelente desempenho em campo, reduzindo a necessidade de bases locais, enquanto o QGIS viabiliza um ambiente robusto para controle de qualidade, visualização e geração de produtos cartográficos.

## **6. CONCLUSÃO**

É possível concluir que em uma área de estudo localizada no campus da UFSCar – CCA e a partir da coleta, tratamento e análise dos dados espaciais gerados por ambas as metodologias, foi possível identificar diferenças significativas quanto à precisão, fidelidade altimétrica e confiabilidade dos dados.

Os resultados obtidos evidenciam que a tecnologia GNSS RTK apresentou desempenho superior em relação ao MDE empregado no QGIS, sobretudo no que diz respeito à precisão das cotas altimétricas. Com o uso do GNSS RTK obteve-se dados em tempo real, com correções centimétricas, garantindo maior acurácia e menor margem de erro em comparação aos dados derivados de modelos digitais de elevação utilizados no ambiente QGIS.

Embora o QGIS se mostre uma ferramenta extremamente útil para análises preliminares, planejamento de campo e visualização espacial, sua dependência de bases de dados secundárias, que podem apresentar generalizações ou

interpolações, limita sua precisão quando comparado ao levantamento em campo com o uso de equipamentos GNSS de alta performance.

Dessa forma, conclui-se que, para fins de levantamento planialtimétrico com alto grau de precisão, especialmente em projetos que exigem detalhamento topográfico para aplicações agrícolas, ambientais ou de engenharia, o uso do GNSS RTK é a alternativa mais recomendada. No entanto, o uso integrado do QGIS continua sendo relevante, especialmente para o planejamento da coleta de dados, processamento e apresentação dos resultados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMARGO, P. O.; MONICO, J. F. G.; DAL POZ, W. M. **Geodésia: fundamentos e aplicações**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

CÂMARA, Gilberto; ORTIZ, Manoel Jimenez. Sistemas de informação geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA: CARTOGRAFIA, SENSORIAMENTO E GEOPROCESSAMENTO**, 1998. p. 59-88.

CATANIA, Pietro; COMPARETTI, Antonio; et al. Positioning Accuracy Comparison of GNSS Receivers Used for Mapping and Guidance of Agricultural Machines. **Agronomy**, v. 10, n. 7, p. 924, 2020. DOI: 10.3390/agronomy10070924. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/7/924>. Acesso em: 29 out. 2025.

CLICKGEO. Manual Técnico sobre SIG, GPS e Sensoriamento Remoto. Disponível em: <https://clickgeo.com.br/ebook-gis-gps-and-remote-sensing/> . Acesso em: 26 out. 2025.

CONSOLI, Gianfranco. **Avaliação do uso da tecnologia GNSS/RTK e GNSS/RTX**. Trabalho de Conclusão de Curso — Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), 2020. Disponível em: <https://repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/6953/Gianfranco%20Consoli.pdf>. Acesso em: 25 out. 2025.

CORAZZA, Rosana; MARTINS, Luiz Felipe Borges; LOSS, Juliana Fátima. Emprego da tecnologia GNSS e de software livre de geoprocessamento para o mapeamento de uma área degradada pela disposição irregular de resíduos sólidos, Sertão-RS. In: **Anais do V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Belo Horizonte: IBEAS, 2014.

DICKEY, J. **Interdisciplinary Space Geodesy: Challenges in the New Millennium**. Jet Propulsion Laboratory. Internal report. Pasadena, 2001.

FIGUEIREDO, Divino. **Conceitos básicos de sensoriamento remoto**. São Paulo, 2005.

GHILANI, Charles D.; WOLF, Paul R. **Geomática**. 13. ed. São Paulo: Pearson, 2013.  
GSCHWENDER, H. B. et al. Performance Evaluation of GNSS Position Augmentation Methods for Autonomous Vehicles in Urban Environments. **Sensors**, v. 22, n. 21, p. 8419, 2022. DOI: 10.3390/s22218419. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/21/8419>. Acesso em: 30 out. 2025.

HAMAD, Salah. Updating Topographic Maps at Scale 1:250 000 for Libyan Territory Using Quantum GIS (QGIS) and Open Geospatial Data. **Journal of Geographical**

**Studies**, v. 4, n. 1–2, p. 22–34, 2020. DOI: 10.21523/gcj5.20040103. Disponível em: <https://gathacognition.com/article/gca95/updating-topographic-maps-at-scale-1250000-for-libyan-territory-using-quantum-gis-qgis-and-open-geospatial-data-libya-topo-project?show=abstract>. Acesso em: 01 out. 2025.

HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; WASLE, E. **GNSS – Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo and more**. Vienna: Springer, 2008.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Especificações e normas técnicas para levantamentos geodésicos**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

IBGE. **Cidades: São Bernardo do Campo, SP**. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-bernardo-do-campo/panorama>. Acesso em: 15 ago. 2025.

KELLER, Kaique Martins. **Qualidade de coordenadas geodésicas em diferentes métodos de posicionamento por GNSS para fins de Cadastro Técnico Municipal**. Monografia — Universidade Federal do Pampa, 2016.

LEICK, Alfred. **GPS Satellite Survey**. John Wiley & Sons Inc., USA, 1994.

LEICK, Alfred; RANGEL, José Luiz; RAGGIO, Daniel. **GPS: fundamentos e aplicações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2015.

LIU, William Tse Horng. **Aplicações de sensoriamento remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

LOPES, L. A.; MONICO, J. F. G. Aplicações do GNSS em levantamentos topográficos de alta precisão. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 72, n. 4, p. 857–873, 2020.

LUNDEVALL, Anniina. Finland Launches Modern Topographic Data System – Built on Open-Source QGIS. **Positio Magazine**, 25 jun. 2025. Disponível em: <https://positio-magazine.eu/2025/06/finland-launches-modern-topographic-data-system-built-on-open-source-qgis/>. Acesso em: 26 out. 2025.

MACHADO, M. C.; MOURA, T. M. Avaliação da precisão altimétrica de modelos digitais de elevação obtidos por diferentes fontes de dados. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 28, e2022003, 2022.

MEDEIROS, A. E-book: Uso de SIG e Sensoriamento Remoto no Planejamento Territorial. ClickGeo, 2015. Disponível em: <https://clickgeo.com.br/ebook-sig-e-sensoriamento-remoto-no-ordenamento-territorial/>. Acesso em: 26 out. 2025.

MENEZES, Paulo Márcio Leal de; FERNANDES, Manoel do Couto. **Roteiro de Cartografia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

MITCHELL, J. Robert; FORTE, Michael F. Field Evaluation of GNSS/GPS Based RTK, RTN, and RTX Correction Systems. **CHETN-IV-129**. Vicksburg: U.S. Army Engineer Research and Development Center, 2021. Disponível em: <https://erdc-library.erdcdren.mil/items/a38830aa-3454-433f-b929-c914ac0446c4>. Acesso em: 26 out. 2025.

MOREIRA, M. A. **Fundamento do Sensoriamento Remoto e Metodologia de Aplicação**. São José dos Campos: INPE, 2001.

OCHAŁEK, Agnieszka et al. Accuracy Evaluation of Real-Time GNSS Precision Positioning with RTX Trimble Technology. **Civil and Environmental Engineering Reports**, v. 28, n. 4, p. 49–61, 2018. DOI: 10.2478/ceer-2018-0050. Disponível em: <https://bibliotekanauki.pl/articles/395769.pdf>. Acesso em: 26 out. 2025.

OLIVEIRA JUNIOR, Wilson Araújo de et al. **Desenvolvimento de ferramentas no software QGIS para a avaliação quantitativa da geodiversidade**. 2023.

PATEL, Ananya. Modernizing Field Surveying: The Role and Impact of GNSS-RTK Technology in Digital Mapping. **Journal of Computer Technology and Software**, v. 3, n. 1, fev. 2024. Disponível em: <https://ashpress.org/index.php/jcts/article/view/18>. Acesso em: 26 out. 2025.

QPEC: QGIS Toolkit for Evaluating Geospatial Data Positional Accuracy according to the Brazilian Cartographic Accuracy Standard. Anuário do Instituto de Geociências, 2023.

QGIS. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project. Versão 3.40.9, 2024. Disponível em: <https://qgis.org>. Acesso em: 10 out. 2025.

ROSENTHAL, D.; MEIRA, S. R. L. **Os Primeiros 15 Anos da Política Nacional de Informática: o Paradigma e sua Implementação**. Recife: ProTem/CC, 1995.

SANTOS, J. R. dos et al. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2017.

SANTOS, C. J.; XAVIER, L. A.; MATHIAS, M. A.; REIS, R. B. QGIS: Apostila de introdução ao QGIS (versão em português). ClickGeo, s.d. Disponível em: <https://clickgeo.com.br/qgis-apostila-ibge-portugues/>. Acesso em: 26 out. 2025.

SEBER, G. **Fundamentos e aspectos computacionais para posicionamento por ponto GPS**. Universität Hannover, 2003.

SILVA, R. S. et al. Comparação de dados GNSS RTK e MDE em levantamentos planialtimétricos de pequenas áreas. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 15, n. 2, p. 45–58, 2021.

SILVA JÚNIOR, José A. D.; FRANÇA, Tiago M. S.; MORAES, Vinícius S. D. QPEC: QGIS Toolkit for Evaluating Geospatial Data Positional Accuracy According to the Brazilian Cartographic Accuracy Standard. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 45, 2022. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/54245>. Acesso em: 26 out. 2025.

TRIMBLE Inc. Trimble RTX Correction Technology Now Delivers Two Centimeter Accuracy for a Broad Range of Positioning Applications. Sunnyvale: Trimble, 06 ago. 2018. Disponível em: <https://investor.trimble.com/news/news-details/2018/Trimble-RTX-Correction-Technology-Now-Delivers-Two-Centimeter-Accuracy-for-a-Broad-Range-of-Positioning-Applications-08-06-2018/default.aspx>. Acesso em: 26 out. 2025.

TRONG, T. D.; DUNG, L. N. Study on the Positioning Efficiency of GNSS RTK for Road Profile Surveys – Case Study in Vietnam. **Journal of Science and Technology in Civil Engineering (JSTCE)**, v. 18, n. 2, p. 86–98, 2024. DOI: 10.31814/stce.huce2024-18(2)-07. Disponível em: <https://stce.huce.edu.vn/index.php/en/article/view/3064>. Acesso em: 26 out. 2025.

YASADA, Gede; SETYONO, Evin Yudhi; SUTAPA, I. Ketut. Three-Dimensional (3D) Land Contour Modeling Using QGIS Software on Topography Mapping in Buwit Village, Kediri District, Tabanan Regency, Bali. **International Research Journal of Engineering, IT and Scientific Research**, v. 9, n. 5, p. 223–230, 2023. DOI: 10.21744/irjeis.v9n5.2373. Disponível em: <https://sloap.org/journals/index.php/irjeis/article/view/2373>. Acesso em: 26 out. 2025.