Avaliação da acurácia posicional planimétrica e altimétrica de coordenadas obtidas por GNSS segundo os critérios da NBR 17047

Assessment of the Planimetric and Altimetric Positional Accuracy of Coordinates Obtained by GNSS According to NBR 17047 Criteria

Victor Costa de Oliveira[1]

Priscila de Lima e Silva[2]

Marlene Salete Uberti [3]

Hanna Aimée da Fraga Gonçalves [4]

Thiago Costa de Oliveira [5]

RESUMO: A necessidade de controle de qualidade posicional em levantamentos cadastrais urbanos foi reforçada pelo Decreto nº 9.310/2018 e posteriormente detalhada pela NBR 17047, que estabelece o limite de 0,08 m para as componentes planimétrica e altimétrica dos vértices de imóveis urbanos. Este trabalho teve como objetivo avaliar a acurácia posicional planimétrica e altimétrica de coordenadas obtidas por diferentes procedimentos GNSS, sendo estes o Posicionamento por Ponto Preciso (PPP), o pós processado e o Real-Time Kinematic (RTK). A área de estudo compreendeu marcos de referência localizados no entorno do Laboratório de Geodésia e Cadastro (LAGEC) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Foram realizadas duas coletas de dados em campo, com intervalo superior a quatro horas entre as sessões de rastreio, conforme previsto na norma. Os resultados de cada procedimento foram comparados com as coordenadas de referência fornecidas pelo LAGEC e avaliados segundo o limite de 0,08 m. A comparação entre as duas datas de rastreio também foi utilizada para avaliar a consistência das coordenadas, conforme previsto na NBR 17047. O pós processado apresentou o melhor desempenho planimétrico, mantendo todos os marcos em conformidade nas duas coletas, seguido pelo RTK, enquanto o PPP apresentou as maiores discrepâncias, sobretudo nos marcos localizados sob copa de árvores. A componente altimétrica apresentou maior dificuldade de conformidade em comparação à componente planimétrica. Conclui-se que a NBR 17047 se mostrou aplicável ao controle de qualidade posicional de vértices urbanos obtidos por GNSS, evidenciando que a escolha do procedimento de obtenção e processamento das coordenadas influencia diretamente o atendimento dos limites estabelecidos pela norma.

Palavras-chave: NBR 17047. Qualidade cartográfica. Levantamento geodésico cadastral. Registro de imóveis urbanos. Regularização Fundiária Urbana (REURB).

ABSTRACT: The need for positional quality control in urban cadastral surveys was reinforced by Decree No. 9,310/2018 and later detailed by NBR 17047, which establishes a limit of 0.08 m for the planimetric and altimetric components of urban property vertices. This study aimed to evaluate the planimetric and altimetric positional accuracy of coordinates obtained by different GNSS procedures: Precise Point Positioning (PPP), post-processing, and RTK. The study area comprised reference marks located around the Laboratory of Geodesy and Cadastre (LAGEC) of the Federal Rural University of Rio de Janeiro (UFRRJ). Two field data collections were

[1] Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) – Instituto de Tecnologia / victorcostadeoliveiraa@gmail.com

[2] Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) – Instituto de Tecnologia / priscilalimasilvaufrrj@gmail.com

[3] Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) – Instituto de Tecnologia / msuberti@ufrrj.br

[4] Universidade Federal de Viçosa – Departamento de Engenharia Civil / hannafraga@ufv.br

[5] Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) – Instituto de Tecnologia / thiagocostadeoliveira@outlook.com

carried out, with an interval of more than four hours between tracking sessions, as specified by the standard. The results obtained by each procedure were compared with the reference coordinates and evaluated against the 0.08 m limit. The comparison between the two tracking dates was also used to assess coordinate consistency, as specified by NBR 17047. Post-processing showed the best planimetric performance, keeping all marks in compliance in both data collections, followed by RTK, while PPP showed the largest discrepancies, especially at marks located under tree canopies. The altimetric component showed greater difficulty in achieving compliance compared to the planimetric component. The results indicate that NBR 17047 proved applicable to the positional quality control of urban vertices, showing that the choice of procedure for obtaining and processing coordinates directly influences compliance with the limits established by the standard.

Keywords: NBR 17047. Cartographic quality. Cadastral geodetic survey. Urban property registration. Urban Land Regularization (REURB).

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por informações geoespaciais precisas e padronizadas tem ampliado a importância do controle de qualidade nos levantamentos cadastrais. No contexto urbano, a adequada determinação posicional dos vértices dos imóveis contribui para a segurança técnica e jurídica dos registros, para a redução de divergências entre levantamentos e para o planejamento e a gestão territorial (ABNT, 2022; DSG, 2016).

No Brasil, o Decreto nº 9.310/2018, que regulamenta a Regularização Fundiária Urbana (REURB), estabeleceu que os vértices definidores dos limites das unidades imobiliárias devem estar vinculados ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e apresentar erro planialtimétrico resultante igual ou inferior a 0,08 m. Entretanto, o decreto não detalhou os procedimentos técnicos necessários para a execução dos levantamentos e para a verificação do atendimento a esse limite. Posteriormente, a NBR 17047 estabeleceu diretrizes, requisitos e critérios de controle de qualidade aplicáveis aos levantamentos topográficos cadastrais destinados ao registro público de imóveis (BRASIL, 2018; ABNT, 2022).

A confiabilidade das coordenadas obtidas em um levantamento geodésico depende da instrumentação utilizada, das condições de campo, do tempo de observação, da qualidade dos pontos de referência e dos procedimentos adotados para o processamento e o tratamento dos dados. Dessa forma, diferentes técnicas de posicionamento Global Navigation Satellite System (GNSS) podem apresentar desempenhos distintos, especialmente quando avaliadas separadamente nas componentes planimétrica e altimétrica (ABNT, 2022; INCRA, 2022).

Estudos relacionados já indicam a relevância dessa discussão. Silva et al. (2018) analisaram a precisão de vértices frente ao limite de 8 cm estabelecido pelo Decreto nº 9.310/2018. Gonçalves et al. (2024) avaliaram produtos obtidos por ARP com base nos parâmetros da NBR 17047, enquanto Simionato (2024) aplicou estação livre apoiada por RTK em ambiente urbano frente às tolerâncias da norma. Em levantamentos cadastrais com GNSS, Pirti et al. (2009) observaram diferenças de até 0,10 m em áreas com obstáculos à recepção dos sinais; Erenoglu (2017) verificou diferenças de poucos centímetros entre técnicas GPS/GNSS e métodos terrestres; e Dardanelli e Maltese (2022) reforçaram a importância da comparação entre coordenadas obtidas por GNSS e bases cartográficas oficiais. Assim, permanecem relevantes estudos que avaliem a acurácia posicional de coordenadas cadastrais obtidas por diferentes procedimentos GNSS, especialmente frente aos

critérios da NBR 17047.

Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar a acurácia posicional planimétrica e altimétrica das coordenadas obtidas por levantamento geodésico aplicando diferentes métodos de processamento, sendo estes o Precise Point Positioning (PPP), o pós processado e Real-Time Kinematic (RTK). Como área de estudo foram empregados os marcos de referência localizados no entorno do Laboratório de Geodésia e Cadastro (LAGEC) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Os resultados obtidos em duas coletas de dados em campo, realizadas em datas distintas, foram comparados com as coordenadas de referência e avaliados segundo o limite de 0,08 m estabelecido pela NBR 17047.

2 NBR 17047 E CONTROLE DE QUALIDADE POSICIONAL

A NBR 17047, publicada em 2022, estabelece diretrizes e requisitos técnicos para a execução de levantamentos topográficos cadastrais destinados ao registro público de imóveis. A norma busca assegurar a confiabilidade posicional, a padronização dos procedimentos e a rastreabilidade das informações produzidas, contribuindo para a compatibilidade entre os levantamentos cadastrais e os documentos relacionados ao registro imobiliário (ABNT, 2022).

Sempre que possível, o levantamento deve estar vinculado a uma Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM). Na ausência dessa rede, podem ser implantados pontos de referência vinculados ao SGB, que atualmente adota o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas 2000 (SIRGAS 2000) como referencial geodésico oficial do país (ABNT, 2022; ABNT, 2022a; IBGE, 2025).

Para a avaliação da qualidade posicional, a NBR 17047 considera separadamente as componentes planimétrica e altimétrica. A norma estabelece o limite de 0,08 m para a componente planimétrica dos vértices de imóveis urbanos e, quando a altitude for necessária para a definição da parcela ou do objeto territorial, também determina o limite de 0,08 m para a componente altimétrica (ABNT, 2022).

A norma determina ainda que o controle de qualidade seja realizado nos vértices materializados. Entre os procedimentos previstos, encontra-se a medição do mesmo vértice por métodos de posicionamento por satélites, com intervalo mínimo de quatro horas entre as sessões de rastreio. Esse procedimento busca produzir observações independentes e possibilitar a verificação da consistência das coordenadas determinadas em diferentes sessões (ABNT, 2022).

3 METODOLOGIA

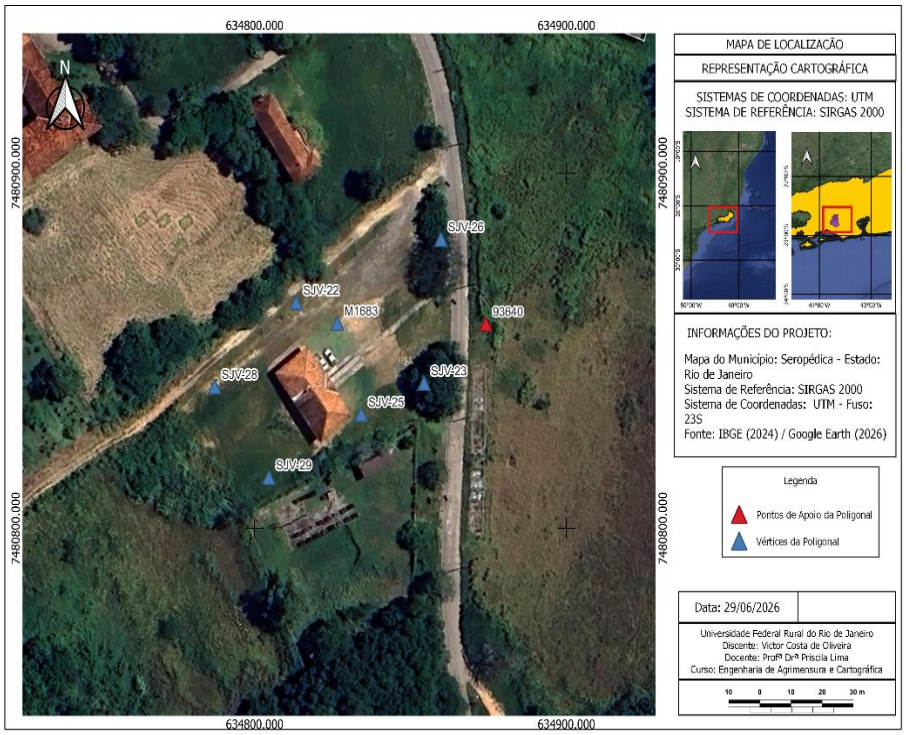
3.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido com base nos marcos de referência localizados no entorno do LAGEC, no campus da UFRRJ, em Seropédica, Rio de Janeiro. Foram utilizados os marcos M-1683, SJV-22, SJV-23, SJV-25, SJV-26, SJV-28 e SJV-29. As coordenadas de referência desses marcos foram fornecidas pelo LAGEC, encontram-se ajustadas ao

SIRGAS 2000 e as informações altimétricas são de altitude geométrica. Para fins do experimento, os marcos foram utilizados para simular vértices de imóveis urbanos, possibilitando a avaliação da acurácia posicional planimétrica e altimétrica. A Figura 1 apresenta a disposição espacial dos marcos que compõem a área de estudo.

Para a realização dos levantamentos de campo, foram utilizados quatro receptores GNSS Ruide, empregados no rastreio estático dos marcos e na obtenção das coordenadas por RTK. O processamento dos dados foi realizado por meio do PPP, disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e pelo software MAGNET Tools, versão 7.3.0. Uma planilha eletrônica foi utilizada para a organização dos dados, realização de cálculos complementares, elaboração das tabelas e construção dos gráficos.

Figura 1 - Localização da área de estudo e dos marcos de referência utilizados



Fonte: Autor (2026), com base em dados do IBGE (2024) e imagem do Google Earth (2026).

3.2 Metodologia

Foram realizadas duas coletas de dados em campo, nos dias 01/04/2026 e 10/04/2026, garantindo-se intervalo superior a quatro horas entre as sessões de rastreio. Em ambas as datas, foram rastreados os marcos SJV-22, SJV-23, SJV-25, SJV-26, M-1683, SJV-28 e SJV-29.

Como base do levantamento, foi utilizada a Estação Geodésica SAT 93640, homologada pelo IBGE, localizada no município de Seropédica/RJ e vinculada ao SIRGAS 2000. Durante as coletas, um receptor GNSS permaneceu instalado sobre a SAT 93640, enquanto os demais receptores foram posicionados sucessivamente sobre os marcos avaliados.

Cada marco foi rastreado por aproximadamente 30 minutos em cada data de campo. Após o término de cada observação, os receptores foram deslocados para os pontos seguintes. Os dados obtidos nesse procedimento foram utilizados para a obtenção das coordenadas por PPP e pelo pós processado no MAGNET Tools.

Além do rastreio estático, os mesmos marcos foram levantados pela técnica RTK. Ao final das sessões de rastreio, o receptor instalado sobre a SAT 93640 permaneceu em funcionamento como base, enquanto um receptor móvel foi utilizado para a coleta das coordenadas dos demais marcos. Esse procedimento foi repetido nas duas datas de campo.

Após as coletas de dados em campo, os arquivos de observação foram organizados e processados separadamente para as datas de 01/04/2026 e 10/04/2026. Para os dados obtidos pelo rastreio estático, foram realizados dois procedimentos: PPP e pós processado.

No PPP, os arquivos brutos foram convertidos para o formato RINEX e inseridos no serviço PPP. O pós processado também foi realizado para as duas datas de campo, com os arquivos convertidos para RINEX e processados no software MAGNET Tools, versão 7.3.0, utilizando as coordenadas oficiais da SAT 93640 como base.

As coordenadas obtidas por RTK também foram tratadas separadamente para as datas de 01/04/2026 e 10/04/2026. Como as coordenadas oficiais da base não foram inseridas no receptor no início da coleta RTK, foi realizada uma correção em planilha eletrônica. Para isso, foram calculadas as diferenças entre as coordenadas observadas na SAT 93640 e suas coordenadas oficiais nas componentes Norte, Este e altimétrica. Essas diferenças foram posteriormente aplicadas às coordenadas dos demais marcos levantados por RTK.

A avaliação da acurácia posicional foi realizada por meio da comparação entre as coordenadas obtidas pelos diferentes procedimentos e as coordenadas de referência dos marcos fornecidas pelo LAGEC. As discrepâncias nas componentes Norte, Este e altimétrica foram calculadas conforme as Equações 1, 2 e 3:

$$\Delta N = N_{OBTIDO} - N_{REFERÊNCIA} \quad (1)$$

$$\Delta E = E_{OBTIDO} - E_{REFERÊNCIA} \quad (2)$$

$$\Delta h = h_{OBTIDO} - h_{REFERÊNCIA} \quad (3)$$

em que ΔN representa a diferença entre as coordenadas Norte; ΔE representa a diferença entre as coordenadas Este; e Δh corresponde à diferença entre as altitudes geométricas obtidas e de referência.

A resultante planimétrica foi calculada pela composição das discrepâncias nas componentes Norte e Este, conforme a Equação 4:

$$Res.\ plan. = \sqrt{\Delta N^2 + \Delta E^2} \quad (4)$$

A conformidade planimétrica foi avaliada pela comparação da resultante planimétrica com o limite de 0,08 m. Para a componente altimétrica, foi considerado o módulo de Δh, de modo que valores positivos e negativos representassem apenas o sentido da diferença, sem

alterar sua magnitude. Os resultados com magnitude igual ou inferior a 0,08 m foram classificados como conformes, enquanto aqueles que ultrapassaram esse limite foram considerados não conformes. Além disso, também foram avaliadas as discrepâncias planimétricas e altimétricas entre as datas de rastreio para cada procedimento empregado, considerando-se a resultante planimétrica e a diferença altimétrica em módulo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 1, 2 e 3 apresentam as discrepâncias planimétricas e altimétricas obtidas pelo PPP, pelo pós processado e pelo RTK, respectivamente, nas duas datas de levantamento. Todos os valores estão expressos em metros, e a conformidade foi avaliada pela resultante planimétrica e pelo módulo de Δh, considerando-se o limite de 0,08 m para ambas as componentes, conforme a NBR 17047.

Tabela 1 - Discrepâncias PPP 01/04/2026 e 10/04/2026

Marco	PPP 01/04/2026				PPP 10/04/2026			
	Res. plan.	Conf. plan.	Δh	Conf. alt.	Res. plan.	Conf. plan.	Δh	Conf. alt.
SAT 93640	0,060	Sim	0,180	Não	0,060	Sim	0,020	Sim
SJV-22	0,014	Sim	-0,293	Não	0,113	Não	-0,203	Não
SJV-23	0,447	Não	0,377	Não	0,507	Não	0,667	Não
SJV-25	0,017	Sim	0,105	Não	0,063	Sim	0,125	Não
SJV-26	0,253	Não	0,653	Não	0,349	Não	0,603	Não
M-1683	0,025	Sim	-0,114	Não	0,070	Sim	-0,004	Sim
SJV-28	0,045	Sim	0,067	Sim	0,050	Sim	-0,013	Sim
SJV-29	0,040	Sim	0,206	Não	0,009	Sim	0,116	Não

Fonte: Autor (2026).

A Tabela 1 apresenta as discrepâncias planimétricas e altimétricas obtidas pelo PPP nas duas datas de levantamento. Em 01/04/2026, a maior parte dos marcos apresentou conformidade planimétrica em relação ao limite de 0,08 m, com exceção dos marcos SJV-23 e SJV-26, cujas resultantes foram de 0,447 m e 0,253 m, respectivamente. Na componente altimétrica, somente o marco SJV-28 apresentou conformidade.

Em 10/04/2026, os marcos SJV-22, SJV-23 e SJV-26 ultrapassaram o limite planimétrico, com resultantes de 0,113 m, 0,507 m e 0,349 m, respectivamente. Na altimetria, apenas SAT 93640, M-1683 e SJV-28 permaneceram dentro do limite adotado. Os marcos SJV-23 e SJV-26 apresentaram as maiores discrepâncias nas duas datas. Esses pontos se encontram sob copa de árvores, condição que pode ter dificultado a recepção dos sinais transmitidos pelos satélites e contribuído para os maiores desvios observados nesses marcos. A conformidade foi avaliada segundo o limite planimétrico e altimétrico de 0,08 m estabelecido pela NBR 17047 (ABNT, 2022).

Tabela 2 - Discrepâncias do pós processado em 01/04/2026 e 10/04/2026

Marco	Pós Processado 01/04/2026				Pós Processado 10/04/2026			
	Res. plan.	Conf. plan.	Δh	Conf. alt.	Res. plan.	Conf. plan.	Δh	Conf. alt.
SJV-22	0,007	Sim	0,079	Sim	0,012	Sim	0,075	Sim
SJV-23	0,031	Sim	0,097	Não	0,028	Sim	0,118	Não
SJV-25	0,022	Sim	0,124	Não	0,012	Sim	0,124	Não
SJV-26	0,015	Sim	0,065	Sim	0,015	Sim	0,074	Sim
M-1683	0,016	Sim	-0,028	Sim	0,019	Sim	-0,037	Sim
SJV-28	0,006	Sim	0,096	Não	0,012	Sim	0,092	Não
SJV-29	0,007	Sim	0,099	Não	0,012	Sim	0,097	Não

Fonte: Autor (2026).

A Tabela 2 apresenta as discrepâncias obtidas pelo pós processado. Nas duas datas de levantamento, todos os marcos apresentaram conformidade planimétrica, com resultantes inferiores ao limite de 0,08 m estabelecido pela NBR 17047 (ABNT, 2022). Os valores planimétricos também apresentaram pouca variação entre as duas sessões, indicando maior estabilidade das coordenadas planas em comparação ao PPP. Na componente altimétrica, os marcos SJV-23, SJV-25, SJV-28 e SJV-29 ultrapassaram o limite adotado em ambas as datas. Os demais marcos permaneceram em conformidade, destacando-se os valores de 0,079 m e 0,075 m observados no SJV-22, próximos ao limite, mas ainda classificados como conformes.

Tabela 3 - Discrepâncias RTK 01/04/2026 e 10/04/2026

Marco	RTK 01/04/2026				RTK 10/04/2026			
	Res. plan.	Conf. plan.	Δh	Conf. alt.	Res. plan.	Conf. plan.	Δh	Conf. alt.
SJV-22	0,004	Sim	0,082	Não	0,012	Sim	0,031	Sim
SJV-23	0,012	Sim	0,093	Não	0,040	Sim	0,043	Sim
SJV-25	0,026	Sim	0,126	Não	0,031	Sim	0,074	Sim
SJV-26	0,294	Não	0,142	Não	0,030	Sim	0,022	Sim
M-1683	0,008	Sim	-0,034	Sim	0,015	Sim	-0,085	Não
SJV-28	0,004	Sim	0,094	Não	0,005	Sim	0,047	Sim
SJV-29	0,007	Sim	0,099	Não	0,012	Sim	0,046	Sim

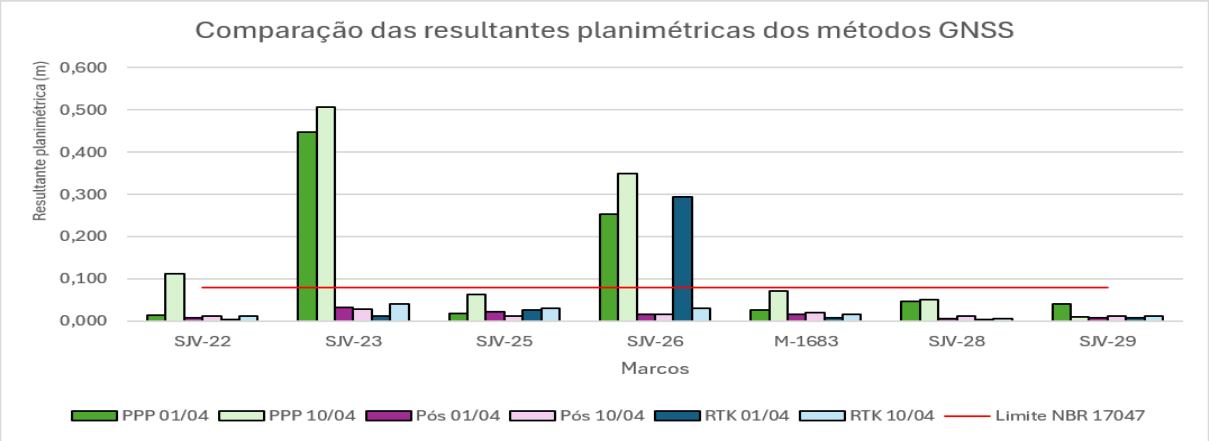
Fonte: Autor (2026).

Na Tabela 3, são apresentadas as discrepâncias obtidas pelo RTK nas duas datas de levantamento. Em 01/04/2026, apenas o marco SJV-26 não apresentou conformidade planimétrica, com resultante de 0,294 m. Na componente altimétrica, somente o M-1683 permaneceu dentro do limite de 0,08 m, enquanto os demais marcos apresentaram valores superiores ao critério estabelecido pela NBR 17047 (ABNT, 2022). Em 10/04/2026, todos os marcos apresentaram conformidade planimétrica. Na altimetria, apenas o marco M-1683 ultrapassou o limite, com diferença de −0,085 m, correspondente a 0,085 m em módulo.

Dessa forma, os resultados do RTK apresentaram melhor desempenho geral na segunda data de levantamento, tanto na componente planimétrica quanto na altimétrica.

Para facilitar a comparação entre os procedimentos avaliados, a Figura 2 apresenta as resultantes planimétricas obtidas pelo PPP, pelo pós processado e pelo RTK nas duas datas de levantamento, juntamente com o limite de 0,08 m adotado para a avaliação da acurácia planimétrica.

Figura 2 - Comparação das resultantes planimétricas dos métodos GNSS

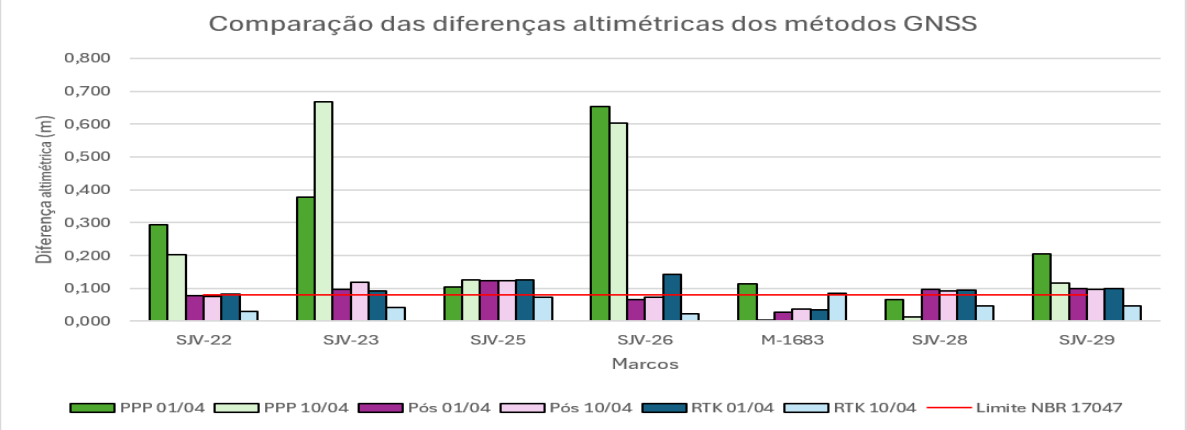


Fonte: Autor (2026).

Na Figura 2, observa-se que as maiores resultantes planimétricas ocorreram no PPP, principalmente nos marcos SJV-23 e SJV-26, nas duas datas de levantamento. O pós processado apresentou os menores valores, mantendo todos os marcos abaixo do limite de 0,08 m, enquanto o RTK também apresentou bom desempenho planimétrico, com exceção do marco SJV-26 em 01/04/2026. Esse comportamento evidencia que, para a componente planimétrica, os procedimentos avaliados apresentaram respostas distintas frente ao mesmo critério normativo.

A Figura 3 apresenta, em módulo, as diferenças altimétricas obtidas pelos três procedimentos nas duas datas de levantamento, considerando o mesmo limite de 0,08 m.

Figura 3 - Comparação das diferenças altimétricas dos métodos GNSS



Fonte: Autor (2026).

Na componente altimétrica, o PPP apresentou as maiores diferenças, especialmente nos marcos SJV-23 e SJV-26. O pós processado apresentou valores menores e mais estáveis, embora tenham ocorrido não conformidades nos marcos SJV-23, SJV-25, SJV-28 e SJV-29 nas duas datas. O RTK apresentou redução das diferenças em 10/04/2026, quando apenas o marco M-1683 ultrapassou o limite de 0,08 m. De modo geral, observou-se maior dificuldade no atendimento ao critério altimétrico em comparação ao planimétrico.

A Tabela 4 apresenta as discrepâncias planimétricas e altimétricas considerando as duas datas de rastreio por cada metodologia empregada. As resultantes das discrepâncias planimétricas (Res. plan.) e as discrepâncias altimétricas (|Δh|) foram colocadas em módulo, sendo sempre o valor da primeira data (01/04) subtraído da segunda data (10/04).

Tabela 4 - Discrepâncias por cada metodologia entre as duas datas de rastreio

Marco	PPP		Pós processado		RTK	
	Res. plan.	|Δh|	Res. plan.	|Δh|	Res. plan.	|Δh|
SAT 93640	0,019	0,160	0,000	0,000	0,000	0,000
SJV-22	0,114	0,090	0,005	0,004	0,011	0,051
SJV-23	0,725	0,290	0,004	0,021	0,040	0,050
SJV-25	0,080	0,020	0,027	0,000	0,011	0,052
SJV-26	0,573	0,050	0,019	0,009	0,278	0,120
M-1683	0,047	0,110	0,009	0,009	0,013	0,051
SJV-28	0,027	0,080	0,006	0,004	0,006	0,047
SJV-29	0,035	0,090	0,005	0,002	0,011	0,053

Fonte: Autor (2026).

Pela Tabela 4, observa-se que o PPP apresentou as maiores discrepâncias entre as datas, sobretudo nos marcos SJV-23 e SJV-26, o que reforça a influência das condições locais de recepção dos sinais e do tempo de rastreio sobre a estabilidade das coordenadas. O pós processado apresentou o melhor comportamento geral, com menores variações planimétricas e altimétricas entre as coletas, enquanto o RTK manteve resultados satisfatórios na maior parte dos marcos, com maior discrepância concentrada no SJV-26. Dessa forma, a comparação entre datas complementa a comparação com as coordenadas de referência, pois evidencia a consistência interna dos procedimentos avaliados, mas não substitui a análise de acurácia frente ao limite normativo.

Diante as análises desenvolvidas, observa-se que o PPP proporcionou o maior número de inconformidades ao considerar o limiar de 0,08 metros. No entanto, pode-se destacar que o tempo de rastreio é um grande limitante para o processamento pelo PPP. No marco SAT 93640 que o tempo de rastreio foi significativamente superior, cerca de 2 horas e 20 minutos, na componente planimétrica, em todas as análises realizadas, foi atendido o limiar imposto. Ao buscar na literatura, An et al. (2020) e Cappuccio et al. (2026) indicam que entre 30 a 40 minutos de rastreio a precisão planimétrica será entre 5 a 10 centímetros, já ao aumentar o tempo de rastreio para duas horas a precisão tende a ser menor que 5 centímetros (Cappuccio

et al., 2026) e entre 3 a 7,5 horas, tende a ser menor que 1 centímetro (Amami, 2026).

5 CONCLUSÃO

Os resultados permitiram avaliar a acurácia posicional planimétrica e altimétrica das coordenadas obtidas por PPP, pós processado e RTK segundo o limite de 0,08 m estabelecido pela NBR 17047. O pós processado apresentou o melhor desempenho planimétrico, mantendo todos os marcos em conformidade nas duas coletas, ao comparar com as coordenadas de referência. O RTK também apresentou resultados satisfatórios, especialmente em 10/04/2026, enquanto o PPP apresentou as maiores discrepâncias, principalmente nos marcos SJV-23 e SJV-26.

Embora as discrepâncias observadas no PPP não possam ser atribuídas exclusivamente às condições locais de rastreio, destaca-se que os maiores desvios ocorreram nos marcos SJV-23 e SJV-26, ambos localizados sob copa de árvores. Essa condição, associada ao tempo de rastreio de aproximadamente 30 minutos por marco, pode ter limitado o desempenho do PPP nas condições avaliadas. Por outro lado, o pós processado apresentou melhor comportamento com os mesmos dados de rastreio, indicando que o procedimento de processamento também influenciou diretamente a qualidade das coordenadas obtidas.

Na comparação entre as datas de rastreio, observou-se tendência semelhante à verificada na comparação com as coordenadas de referência, com maiores discrepâncias associadas ao PPP, especialmente nos marcos sob copa de árvores. O pós processado apresentou o melhor comportamento geral, enquanto o RTK manteve resultados satisfatórios na maior parte dos marcos, com maior discrepância concentrada no SJV-26. Assim, neste estudo, a comparação com as coordenadas de referência mostrou-se mais restritiva para a avaliação da acurácia posicional, enquanto a comparação entre datas evidenciou a consistência interna das coordenadas obtidas em sessões independentes.

De modo geral, a componente altimétrica apresentou maior quantidade de não conformidades do que a componente planimétrica, evidenciando maior sensibilidade dessa componente nos procedimentos avaliados. Os resultados também demonstraram que a escolha do procedimento adotado para obtenção e processamento das coordenadas influencia diretamente o atendimento aos limites estabelecidos pela norma.

Esse aspecto é relevante porque um mesmo conjunto de dados GNSS pode conduzir a resultados distintos quando submetido a diferentes procedimentos, como observado na comparação entre PPP e pós processado. Assim, além da técnica de posicionamento, devem ser considerados o procedimento de processamento, o tempo de rastreio, as condições locais de recepção dos sinais e a qualidade das coordenadas utilizadas como referência.

No contexto dos levantamentos cadastrais urbanos, essa questão possui implicações práticas, especialmente em áreas vizinhas ou com vértices compartilhados entre imóveis. A adoção de procedimentos distintos por profissionais diferentes pode resultar em coordenadas incompatíveis entre si, ainda que os levantamentos tenham sido executados com equipamentos GNSS. Dessa forma, a aplicação da NBR 17047 deve ser acompanhada de critérios de validação dos procedimentos adotados e de atenção à qualidade dos pontos de apoio utilizados.

Conclui-se que a NBR 17047 se mostrou aplicável ao controle de qualidade posicional dos vértices avaliados. Entretanto, os resultados indicam que a norma poderia apresentar orientações mais específicas quanto à escolha e à validação dos procedimentos GNSS empregados, uma vez que diferenças no processamento podem influenciar diretamente os resultados. Recomenda-se, para estudos futuros, a ampliação da análise para outras áreas urbanas, com diferentes condições de visibilidade, obstrução e disponibilidade de pontos de apoio, bem como a avaliação de diferentes tempos de rastreio e estratégias de processamento.

Referências

AMAMI, Mustafa M. Static PPP over observation time using magic-GNSS: GPS Vs. GLONASS Vs. GPS+GLONASS. *GSC Advanced Research and Reviews*, v. 27, n. 2, p. 001-007, 2026. DOI: 10.30574/gscarr.2026.27.2.0105.

AN, Xiaopeng; MENG, Xiaolin; JIANG, Weiping. Multi-constellation GNSS precise point positioning with multi-frequency raw observations and dual-frequency observations of ionospheric-free linear combination. *Satellite Navigation*, v. 1, artigo 7, 2020. DOI: 10.1186/s43020-020-0009-x.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14166: Rede de Referência Cadastral Municipal – Requisitos e procedimentos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 17047: Levantamento topográfico cadastral – Diretrizes e requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

BRASIL. **Decreto nº 9.310, de 15 de março de 2018**. Regulamenta a Regularização Fundiária Urbana (REURB). *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 16 mar. 2018.

CAPPUCCIO, Matteo; TAVASCI, Luca; POLUZZI, Luca; GANDOLFI, Stefano. Study on the accuracy of Multi-GNSS PPP for different observing sessions time spans using PRIDE PPP-AR open-source software package. *Applied Geomatics*, v. 18, artigo 24, 2026. DOI: 10.1007/s12518-025-00675-x.

DARDANELLI, Gino; MALTESE, Antonino. On the accuracy of cadastral marks: statistical analyses to assess the congruence among GNSS-based positioning and official maps. *Remote Sensing*, v. 14, n. 16, artigo 4086, 2022. DOI: 10.3390/rs14164086.

DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO (DSG). **Norma da Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG)**. 1. ed. Brasília, DF: Exército Brasileiro, Departamento de Ciência e Tecnologia, 2016.

ERENOGLU, R. Cuneyt. A comprehensive evaluation of GNSS- and CORS-based

positioning and terrestrial surveying for cadastral surveys. *Survey Review*, v. 49, n. 352, p. 28-38, 2017. DOI: 10.1080/00396265.2015.1104093.

GONÇALVES, Enrico Moreira; ALBARICI, Fabio Luiz; OLIVEIRA, Henrique Candido de; REBERTE, João Carlos Brandão. **Análise do registro de nuvens de pontos obtidas por SVLT e por VANT para aplicação no Cadastro Territorial Multifinalitário**. Revista Brasileira de Cartografia, v. 76, 2024. DOI: http://dx.doi.org/10.14393/rbcv76n0a-70655.

GOOGLE. **Google Earth**. Mountain View: Google, 2026. Disponível em: https://earth.google.com/. Acesso em: 16 jun. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Malha Municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html. Acesso em: 16 jun. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Centro de Análise – SIRGAS 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/sirgas/16257-centro-de-analise-ibge.html?=&t=o-que-e. Acesso em: 21 set. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). **Manual Técnico para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. 2. ed. Brasília, DF: INCRA, 2022. Disponível em: https://sigef.incra.gov.br/static/documentos/manual_geo_imoveis.pdf. Acesso em: 10 jun. 2026.

PIRTI, A.; ARSLAN, N.; DEVECI, B.; AYDIN, O.; ERKAYA, H.; HOSBAS, R. G. Real-time kinematic GPS for cadastral surveying. *Survey Review*, v. 41, n. 314, p. 339-351, 2009. DOI: 10.1179/003962609X451582.

SILVA, Priscila de Lima e; FONSECA, Iann Gomes Rodrigues da; MARQUES, Éder Teixeira; RODRIGUES, Dalto Domingues. **Análise da precisão obtida no levantamento dos vértices definidores dos limites dos imóveis, através da propagação de erros, e comparação com o instituído pelo Decreto nº 9.310/2018**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO – COBRAC, 2018, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: UFSC, 2018.

SIMIONATO, Caique Eduardo de Jesus Nascimento. **Método de estação livre com controle de falsos fixos do posicionamento GNSS-RTK: uma aplicação no georreferenciamento urbano.** 2024. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2024.