

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
DEPARTAMENTO DAS ÁREAS ACADÊMICAS III – CAMPUS GOIÂNIA
CURSO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E DE AGRIMENSURA

FILIPPE OLIVEIRA BARBOSA
ROSANA SILVA DE JESUS

AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE LEVANTAMENTO PLANIMÉTRICO PARA O
GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS URBANOS

Goiânia, GO
2025



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Filipe Oliveira Barbosa

Matrícula: 20191011190174

Título do Trabalho: Avaliação de métodos de levantamento planimétrico para o georreferenciamento de imóveis urbanos.

Autorização - Marque uma das opções

- ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
- ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data 04/04/2026 (Embargo);
- ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☒ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia, 26/08/2025.

Documento assinado digitalmente
gov.br FILIPE OLIVEIRA BARBOSA
Data: 26/08/2025 19:11:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Rosana Silva de Jesus

Matrícula: 20191011190298

Título do Trabalho: Avaliação de métodos de levantamento planimétrico para o georreferenciamento de imóveis urbanos.

Autorização - Marque uma das opções

- ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
- ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data 04/04/2026 (Embargo);
- ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☒ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia, 26/08/2025.



Documento assinado digitalmente
ROSANA SILVA DE JESUS
Data: 26/08/2025 19:20:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
DEPARTAMENTO DAS ÁREAS ACADÊMICAS III – CAMPUS GOIÂNIA
CURSO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E DE AGRIMENSURA

FILIPPE OLIVEIRA BARBOSA
ROSANA SILVA DE JESUS

AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE LEVANTAMENTO PLANIMÉTRICO PARA O
GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS URBANOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Cartográfica e
de Agrimensura do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Goiânia,
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Cartográfica e de Agrimensura.

Prof. Dr. João Paulo Magna Junior

Goiânia, GO

2025

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulada **AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE LEVANTAMENTO PLANIMÉTRICO PARA O GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS URBANOS**, sob orientação de Joao Paulo Magna Junior, apresentada pela aluna **Rosana Silva de Jesus (20191011190298)** do Curso **Bacharelado em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura (Câmpus Goiânia)**. Os trabalhos foram iniciados às **09:00** do dia **04/09/2025** pelo Professor presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

- **Joao Paulo Magna Junior** (Presidente)
- **Max Well de Oliveira Rabelo** (Examinador Interno)
- **Hostilio Maia de Paula Neto** (Examinador Interno)

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo do Trabalho de Conclusão de Curso, passou à arguição da candidata. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelo aluno, tendo sido atribuído o seguinte resultado:

☒ Aprovado

☐ Reprovado

Nota : 8,9

Observação / Apreciações:

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu **Joao Paulo Magna Junior** lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Hostilio Maia de Paula Neto** (664.443.491-68), em **04/09/2025 10:21:57** com chave **21dd4e22899211f08206005056a537a4**.
- **Joao Paulo Magna Junior** (294.932.038-40), em **04/09/2025 10:03:51** com chave **9a7bc96a898f11f0b2be005056a537a4**.
- **Max Well de Oliveira Rabelo** (732.067.681-87), em **04/09/2025 10:24:55** com chave **8c1bb6c0899211f0aca2005056a537a4**.

Este documento foi emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifg.edu.br/comum/autenticar_documento/ e informe os dados a seguir.

Tipo de Documento: Ata de Projeto Final

Data da Emissão: 04/09/2025

Código de Autenticação: 184136



ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulada **AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE LEVANTAMENTO PLANIMÉTRICO PARA O GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS URBANOS**, sob orientação de Joao Paulo Magna Junior, apresentada pelo aluno **Filipe Oliveira Barbosa (20191011190174)** do Curso **Bacharelado em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura (Câmpus Goiânia)**. Os trabalhos foram iniciados às **09:00** do dia **04/09/2025** pelo Professor presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

- **Joao Paulo Magna Junior** (Presidente)
- **Max Well de Oliveira Rabelo** (Examinador Interno)
- **Hostilio Maia de Paula Neto** (Examinador Interno)

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo do Trabalho de Conclusão de Curso, passou à arguição do candidato. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelo aluno, tendo sido atribuído o seguinte resultado:

☒ Aprovado

☐ Reprovado

Nota : 8,9

Observação / Apreciações:

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu **Joao Paulo Magna Junior** lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Hostilio Maia de Paula Neto** (664.443.491-68), em **04/09/2025 10:22:54** com chave **43bc0830899211f0abf6005056a537a4**.
- **Joao Paulo Magna Junior** (294.932.038-40), em **04/09/2025 10:21:18** com chave **0a625800899211f0b11f005056a537a4**.
- **Max Well de Oliveira Rabelo** (732.067.681-87), em **04/09/2025 10:24:44** com chave **85b29e98899211f098e6005056a537a4**.

Este documento foi emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifg.edu.br/comum/autenticar_documento/ e informe os dados a seguir.

Tipo de Documento: Ata de Projeto Final

Data da Emissão: 04/09/2025

Código de Autenticação: 7638ec



RESUMO

Este estudo avalia a qualidade posicional planimétrica de vértices de imóveis urbanos obtidos por três métodos de levantamento: posicionamento GNSS em tempo real (RTK), topografia convencional por dupla irradiação e aerolevantamento. A área de estudo, situada entre o Setor Central e o Setor Norte Ferroviário do município de Goiânia/GO, foi selecionada para contemplar cenários com e sem obstruções causadas por edificações em altura. Os levantamentos foram referenciados à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) e executados conforme as normas ABNT NBR 17047/2022, ABNT NBR 13133/2021 e ABNT NBR 14166/2022. As análises indicaram que a topografia convencional e o GNSS RTK, quando obtida solução fixa, apresentaram precisões compatíveis com a tolerância de 8 cm estabelecida pela NBR 17047/2022, atingindo valores inferiores a 4 cm para a resultante planimétrica na maioria dos vértices. Em contrapartida, o aerolevantamento não atendeu ao limite normativo, registrando discrepâncias superiores a 1 m em alguns pontos. Os resultados obtidos demonstram que o levantamento topográfico convencional é uma opção confiável, já o levantamento GNSS proporciona alta acurácia e produtividade, porém necessita de cuidados com interferências físicas. O uso de aerofotogrametria necessita de mais estudos quanto ao rigor dos produtos gerados.

Palavras-Chave: Georreferenciamento; Levantamento topográfico; GNSS RTK; Aerolevantamento; Precisão posicional.

ABSTRACT

This study evaluates the planimetric positional accuracy of urban property vertices obtained by three surveying methods: real-time GNSS positioning (RTK), conventional topography by double radiation, and aerial photogrammetry. The study area, located between the Central Sector and the North Railway Sector of Goiânia/GO, Brazil, was selected to encompass scenarios with and without obstructions caused by high-rise buildings. The surveys were referenced to the Brazilian Network for Continuous Monitoring of GNSS (RBMC) and carried out in accordance with the ABNT NBR 17047/2022, ABNT NBR 13133/2021, and ABNT NBR 14166/2022 standards. The analyses indicated that conventional topography and GNSS RTK, when a fixed solution was obtained, presented accuracies consistent with the 8 cm tolerance established by NBR 17047/2022, reaching values below 4 cm for the planimetric resultant in most vertices. In contrast, aerial photogrammetry did not meet the normative limit, recording discrepancies greater than 1 m at some points. The results demonstrate that conventional topographic surveying is a reliable option, while GNSS RTK provides high accuracy and productivity but requires caution regarding physical interferences. The use of aerial photogrammetry requires further studies to assess the rigor of the generated products.

Keywords: Georeferencing; Topographic survey; RTK GNSS; Aerial survey; Positional accuracy.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	NORMATIZAÇÃO PARA LEVANTAMENTO CADASTRAL URBANO.....	12
3	METODOLOGIA.....	14
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	17
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	21
	REFERÊNCIAS.....	22

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho é escrito na forma de artigo científico que será submetido a Revista Brasileira de Geomática (RBGeo).

O georreferenciamento de imóveis constitui uma etapa fundamental para a regularização fundiária, planejamento territorial e segurança jurídica da propriedade. No Brasil, sua regulamentação no meio rural foi consolidada pela Lei nº 10.267/2001 (BRASIL, 2001), regulamentada pelo Decreto nº 4.449/2002 (BRASIL, 2002) e pelo Manual Técnico de Georreferenciamento de Imóveis Rurais (INCRA, 2022), que estabelece critérios técnicos para delimitação precisa dos limites das propriedades, exigindo precisão posicional alinhada às classes normativas definidas.

No contexto urbano, a publicação da Norma ABNT NBR 17047/2022 (ABNT, 2022) regulamentou procedimentos técnicos e requisitos mínimos para levantamentos cadastrais urbanos voltados ao registro público. De acordo com essa norma, “a precisão posicional do vértice da parcela ou do imóvel urbano deve ser de 8 cm”. Para atender à qualidade exigida devem ser utilizados os métodos de levantamentos previstos nas normas NBR 13133/2021 (ABNT, 2021) e NBR 14166/2022 (ABNT, 2022a) que tratam, respectivamente, dos procedimentos para a execução de levantamento topográfico e da implantação da Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM). Contudo, ambientes urbanos apresentam desafios adicionais devido a interferências eletromagnéticas, vegetação densa, sombreamento por edificações, restrições de observações diretas, que comprometem a utilização de métodos exclusivamente baseados em GNSS. Uma vez que estas podem sofrer efeitos de multicaminhamento e perda de ciclos.

Em virtude dessas limitações para o uso do posicionamento pelo GNSS, métodos complementares são empregados para alcançar níveis de precisão exigidos. A topografia clássica, caracterizada por medições angulares e lineares, constitui uma alternativa em áreas com obstruções que inviabilizam o uso de GNSS. O aerolevanteamento, por sua vez, possibilita produtos cartográficos detalhados, como ortofotos e modelos digitais de superfície, permitindo a vetorização indireta dos vértices e demais elementos cadastrais. Dessa forma, a Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM), regulamentada pela NBR 14166/2022 (ABNT, 2022a), se torna fundamental como suporte aos diversos métodos de levantamento, pois proporciona uma infraestrutura geodésica imediata, acurada e confiável.

Pesquisas recentes têm explorado a eficácia e limitações dessas técnicas em contextos urbanos complexos. Schneider (2020) demonstrou variações na precisão das coordenadas obtidas por GNSS RTK comparadas a métodos convencionais em áreas com obstruções urbanas. Torres et al. (2021) realizaram um estudo comparativo entre métodos de estação total, drone e GNSS RTK, destacando desempenhos distintos conforme a técnica empregada e as condições topográficas locais. Mallmann (2023) ressaltou a importância normativa do georreferenciamento urbano, alertando sobre as variações de precisão relacionadas ao tipo de edificação e características do relevo. Coelho (2013) comparou os métodos de irradiação e intersecção a vante aliados com poligonação e GNSS para determinar a acurácia dos vértices de imóveis urbanos.

Considerando esse panorama, o presente artigo tem como objetivo avaliar a qualidade posicional planimétrica dos vértices de imóveis urbanos e as discrepâncias entre coordenadas obtidas por levantamento RTK (*real time kinematic*), irradiação topográfica e aerolevantamento. Além disso, verificar o comportamento do levantamento GNSS por RTK em situações adversas de obstruções.

2 NORMATIZAÇÃO PARA LEVANTAMENTO CADASTRAL URBANO

O georreferenciamento de imóveis urbanos, para atender aos requisitos legais, técnicos e registrais, requer respaldo em normas específicas que estabelecem critérios de precisão, documentação e procedimentos operacionais. Destacam-se nesse contexto as normas ABNT NBR 17047/2022 (ABNT, 2022b), ABNT NBR 14166/2022 (ABNT, 2022a) e ABNT NBR 13133/2021 (ABNT, 2021). A compreensão desses documentos é essencial para cumprir os requisitos básicos para atendimento ao registro público e incorporação dos dados ao Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais (SINTER).

A norma técnica ABNT NBR 17047 publicada em 30 de junho de 2022 define os procedimentos técnicos para levantamentos cadastrais territoriais voltados ao registro público de parcelas urbanas, especialmente para usucapião, parcelamento do solo, unificação e retificação de matrícula. A norma abrange aspectos como a análise documental, materialização e definição de limites, precisão e controle de qualidade das coordenadas e a elaboração das peças técnicas, considerando aspectos técnico-legais da representação territorial (ABNT, 2022b).

A precisão posicional planimétrica e altimétrica do vértice da parcela ou do imóvel urbano deve ser inferior ou igual a 8 cm. A tolerância para coordenadas obtidas em levantamentos distintos no mesmo vértice deve ser de até três vezes a precisão posicional, ou seja, quando forem encontradas diferenças posicionais entre dois levantamentos distintos com valor admissível de até 24 cm em um ou mais vértice de parcela ou imóvel urbano, considera-se válido o levantamento inicial e permanecem as coordenadas originais do vértice de limite (ABNT, 2022b).

Os métodos de levantamento cadastral territorial devem atender às ABNT NBR 13133 e ABNT NBR 14166. A NBR 13133/2021 – execução de levantamento topográfico, estabelece, em função dos requisitos, os métodos, as técnicas e os instrumentos para a obtenção de resultados compatíveis com a destinação do levantamento, assegurando que a propagação de variâncias não exceda os limites de segurança inerentes a esta destinação (ABNT, 2021). Já a NBR 14166/2022 – Rede de referência cadastral municipal – requisitos e procedimento, estabelece os requisitos para a implantação e a densificação de uma Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM) (ABNT, 2022a).

No âmbito da NBR 17047/2022, o levantamento cadastral territorial deve estar referenciado à RRCM ou ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) (ABNT, 2022b). Nesse aspecto, fica evidente a importância de uma RRCM para garantir a disponibilidade de apoio imediato aos trabalhos geodésicos e topográficos no contexto municipal.

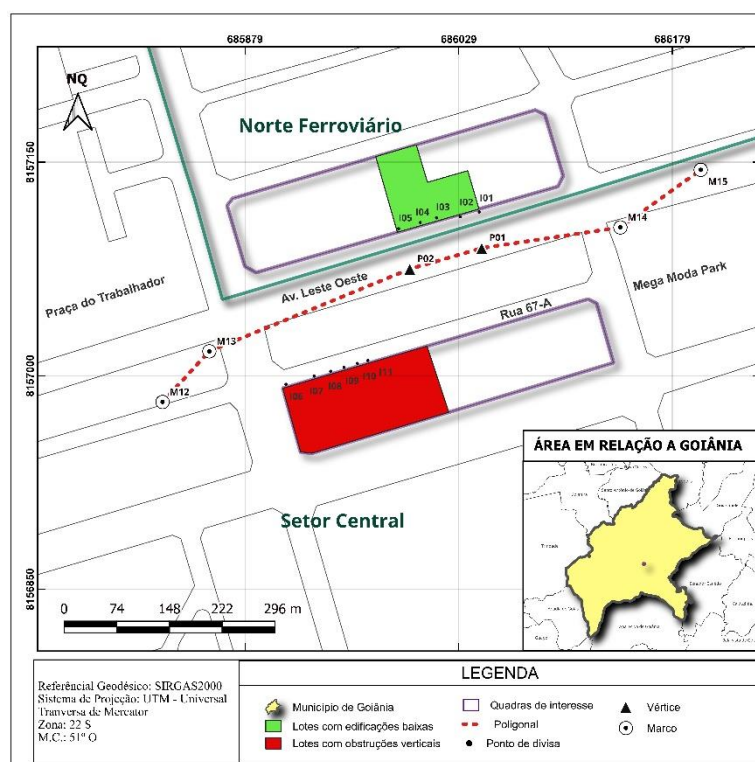
A RRCM é definida pela NBR 14166/2022 como uma infraestrutura geodésica e topográfica implantada em âmbito municipal, destinada a servir de base para a elaboração e atualização de cadastros territoriais multifinalitários, garantindo precisão na demarcação de terrenos, monitoramento de obras e registros territoriais (ABNT, 2022). Sua estrutura é composta por um conjunto de marcos geodésicos distribuídos pelo município, que representam vértices hierarquizados com coordenadas conhecidas e acurácia padronizada em relação SGB. Pode ser compreendida como uma densificação do SGB em âmbito municipal, proporcionando um apoio imediato para os levantamentos planialtimétricos, serviços de aerolevantamento, obras de engenharia dentre outros serviços que necessitem de informação georreferenciada.

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do trabalho, inicialmente foi escolhida a área de estudos, localizada entre o Setor Central e o Setor Norte Ferroviário do município de Goiânia/GO. A região foi escolhida por apresentar regiões com edificações baixas e regiões com edificações em altura, cenários favoráveis para uma analisar o comportamento do levantamento por GNSS em razão de obstruções.

Com a área definida, foram selecionados 5 vértices de testada de imóveis (I01, I02, I03, I04 e I05) na Avenida Leste-Oeste (área 1) e 6 vértices (I06, I07, I08, I09, I10 e I11) na rua 67A (área 2), ambas paralelas e localizadas entre a Avenida Contorno e a rua 44. Os vértices da Avenida Leste-Oeste foram considerados livres e obstruções e os vértices da rua 67A com obstruções devido à presença edificações em altura e marquises de edificações. Uma vez definidos os vértices, foi planejada uma poligonal topográfica composta por 6 estações, partindo de dois pontos com coordenadas conhecidas (M15 e M14) e finalizando em outros dois pontos (M13 e M12) também com coordenadas conhecidas, passando por duas estações intermediárias (P01 e P02). A localização da área de estudo e a distribuição das estações da poligonal e dos vértices dos imóveis é apresentada na Figura 1.

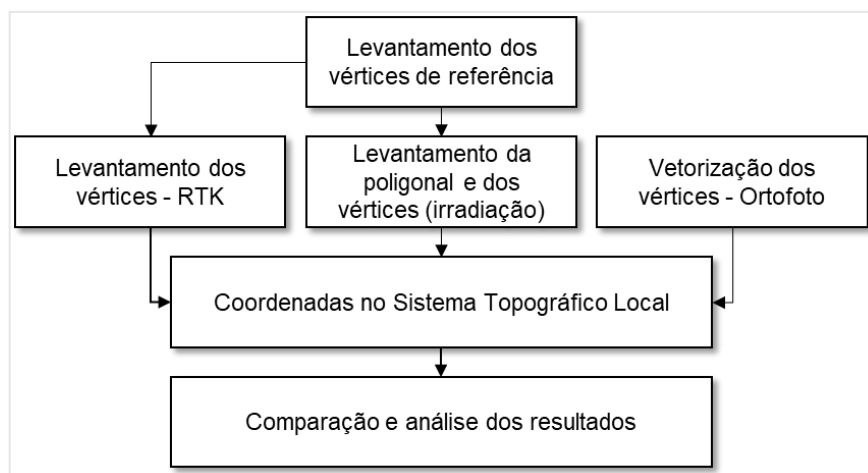
Figura 1 - Área de estudos e a distribuição dos vértices dos imóveis e da poligonal



Fonte: Autores (2025)

Definida a área de estudo e os vértices a serem levantados foi definida a metodologia para o levantamento, processamento e análise dos dados. As etapas metodológicas são apresentadas no fluxograma da Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma das etapas de levantamento, processamento e análise dos dados



Fonte: Autores (2025)

A primeira etapa do levantamento consistiu na materialização e levantamento de quatro vértices de referência para suporte aos levantamentos topográficos e ao levantamento RTK. Os vértices foram materializados por chapas de metal fixadas no solo e tiveram suas coordenadas determinadas por levantamento relativo estático a partir das estações BRAZ e GOGY da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RMBC). Foram obedecidas as especificações para a implantação de vértices superiores da NBR 14166/2022 e equipamentos GNSS multifrequência. As especificações obedecidas são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Especificações para o levantamento dos vértices de controle

Equipamentos	CHC i50 e Singular XYZ Y1
Máscara de elevação	15°
Taxa de coleta	5"
Tempo de coleta	≥ 4h
PDOP médio	≤ 3

O levantamento dos vértices dos imóveis por GNSS foi realizado utilizando o receptor CHC i50 aplicando o posicionamento cinemático em tempo real (RTK). O intervalo de coleta de dados foi de 1 segundo e o tempo de rastreamento em cada vértice de 2 minutos ou um limite de 10 minutos quando não havia solução das ambiguidades.

Para o levantamento topográfico foi utilizada uma estação total Topcon GPT 7500, com precisão angular de 5" e linear de 2 mm + 2ppm. O levantamento da poligonal de apoio foi realizado conjuntamente com o levantamento dos vértices dos imóveis. Foi realizada uma série de leituras conjugadas (posição direta – PD e posição inversa -PI) para cada direção medida. Os vértices dos imóveis foram determinados por dupla irradiação a partir dos pontos P1 e P2 da poligonal.

Os dados fotogramétricos utilizados para a obtenção das coordenadas dos vértices dos imóveis são constituídos de ortofotos disponibilizadas pela empresa TOPOCART com GSD de 8 cm, compatível com escala cartográfica de 1:1.000. Os vértices visíveis na imagem foram vetorizados manualmente e, posteriormente, deslocados em relação às fachadas dos imóveis, correspondente ao mesmo afastamento adotado nos levantamentos topográfico e GNSS. Esse procedimento foi necessário porque, em campo, os vértices não puderam ser determinados exatamente sobre a parede da edificação, mas em pontos recuados devido ao posicionamento dos equipamentos. Assim, o deslocamento aplicado na vetorização garantiu a comparabilidade entre os métodos, assegurando que todos os levantamentos representassem a mesma referência geométrica. Apenas os pontos não obstruídos por vegetação ou edificações foram considerados.

As coordenadas georreferenciadas obtidas a partir do levantamento GNSS, topográfico e aerofotogramétrico foram convertidas para o sistema topográfico local, utilizando o programa GeoOffice, a fim de se tornarem compatíveis para fins de comparação e demais cálculos. O ponto M13 foi tomado como origem do sistema topográfico local, com coordenadas locais $x = 10.000$ m, $y = 5000$ e $z = 721,54$ m (altitude geométrica).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados GNSS dos vértices de referência foram ajustados considerando apenas linhas de base independentes e passaram no controle de qualidade com nível de confiança de 95%. As coordenadas ajustadas em SIRGAS 2000 (UTM Fuso 22 sul) e suas respectivas precisões são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Coordenadas dos vértices de referência

Vértice	E (m)	N (m)	h (m)	σ_E (m)	σ_N (m)	σ_h (m)	σ_{RP} (m)
M12	685821,085	8156981,532	720,617	0,002	0,002	0,014	0,003
M13	685853,922	8157017,120	721,536	0,003	0,003	0,015	0,004
M14	686142,470	8157103,859	716,309	0,002	0,002	0,014	0,003
M15	686198,950	8157144,513	716,705	0,002	0,002	0,015	0,003

De acordo com a NBR 14166/2022 (ABNT, 2022a), para vértices superiores, que correspondem aos pontos da Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM) determinados diretamente em relação ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB. , a norma estabelece que a precisão posicional deve ser inferior a 20 mm na resultante planimétrica e 50 mm na altitude geométrica. Conforme se observa na Tabela 1, a precisão para a resultante planimétrica foi menor ou igual a 4 mm e para a altitude geométrica 15 mm, para os 4 vértices, atendendo a tolerância.

O levantamento da poligonal topográfica apresentou um erro angular de 1'08" e um erro linear de 0,147 m para uma poligonal de 351,507 m de perímetro. Os erros angular e linear foram superiores às tolerâncias especificadas na NBR 14166/2022. O erro angular obtido foi superior à tolerância de 40" ($(15'' \cdot \sqrt{n}) \pm 10''$) especificado pela NBR14166/22 e no limite da tolerância para poligonal secundária, previsto na NBR 13133/2021 de 70" ($(3 \cdot p \cdot \sqrt{n}) + 10''$, onde $p = 10''$ para poligonal secundária). O erro relativo linear obtido foi de 1/2395, também superior à tolerância de 1/15000 previsto na NBR14166/22. Acredita-se que o valor elevado dos erros se deve à falta de calibração do equipamento utilizado e às posições das estações da poligonal, que se encontravam no canteiro central de uma via rápida e com circulação de veículos pesados. As condições locais de vento e movimentação do veículo fizeram com que a estação total desnivelasse com frequência. No levantamento topográfico com estação total por dupla irradiação, os vértices apresentaram precisão planimétrica média de $13,70 \pm 0,02$ mm na componente X, $4,64 \pm 0,03$ mm na componente Y e $14,47 \pm 0,01$ mm na resultante planimétrica. Portanto, todos os pontos apresentaram

precisão inferior a 80 mm, compatível com a NBR 17047/2022. O cálculo da precisão foi realizado por propagação de erros de acordo com a formulação simplificada apresentada na NBR 13133/2021.

No levantamento RTK dos vértices dos imóveis, quando comparados os resultados obtidos nas áreas distintas (área 1 e área 2) não houve diferenças significativas em relação PDOP (*positioning dilution of precision*), que apresentou valores médios de 1,8 na área 1 e 1,7 na área 2. Quanto ao tipo de solução, todos os vértices da área 1 tiveram solução fixa e apenas 1 vértice da área 2 (vértice I07) teve solução flutuante. O mesmo vértice I07 foi o que apresentou maior desvio padrão das coordenadas, 4,4 cm na latitude e 14,8 cm na longitude. Os demais vértices apresentaram desvios padrão máximos para a resultante planimétrica de 3,2 cm para a área 1 e 3,8 cm para a área 2.

Na Tabela 2 são apresentadas as coordenadas obtidas para os vértices dos imóveis utilizando o levantamento GNSS, topográfico e aerofotogramétrico.

Tabela 2 - Coordenadas topográficas locais dos vértices dos imóveis

Descrição	Topográfico (m)		GNSS (m)		Aerolevanteamento (m)	
	x	y	x	y	x	y
I01	5189,282	10099,611	5189,275	10099,577	5188,710	10099,544
I02	5175,660	10095,324	5175,644	10095,321	5175,504	10096,066
I03	5158,884	10094,911	5158,857	10094,902	5158,685	10095,103
I04	5132,210	10086,959	5132,118	10086,984	5132,141	10087,223
I05	5142,039	10089,833	5142,014	10089,833	5143,175	10090,444
I06	5055,187	9977,010	5055,152	9977,048		
I07	5067,207	9980,723	5068,252	9981,137		
I08	5081,799	9985,151	5081,776	9985,169		
I09	5093,220	9988,622	5093,183	9988,685		
I10	5101,854	9991,236	5101,833	9991,284		
I11	5107,661	9992,981	5107,628	9993,006		

As discrepâncias e os indicadores estatísticos para os vértices da área 1 são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Indicadores estatísticos das discrepâncias entre as coordenadas dos vértices da área 1

Discrepâncias Estatísticas	Topográfico x GNSS (m)			Topográfico x Aerolevanteamento (m)		
	Δx	Δy	Δ_{RP}	Δx	Δy	Δ_{RP}
Média	-0,033	-0,004	0,040	-0,028	-0,349	0,635

Desvio Padrão - σ	0,034	0,021	0,032	0,648	0,327	0,420
Máximo absoluto	0,092	0,034	0,095	1,136	0,743	1,290
Mínimo absoluto	0,007	0,000	0,016	0,069	0,067	0,273

Conforme se verifica na Tabela 3, a comparação entre as coordenadas obtidas por GNSS e levantamento topográfico resultou em uma discrepância média para a resultante planimétrica de 0,040 m com um desvio padrão de 0,032 m. Esses resultados indicam que a tolerância de 24 cm na comparação de métodos, especificada na NBR 17047/2022 foi atingida.

O resultado da comparação entre as coordenadas obtidas por topografia e por aerolevantamento (Tabela 3) apresentou uma discrepância média para a resultante planimétrica de -0,349 m com um desvio padrão de 0,327 m, com valor máximo de 1,290 m. Esses resultados indicam que a tolerância de 24 cm na comparação de métodos, especificada na NBR 17047/2022 foi ultrapassada. O que indica que os dados aerofotogramétricos utilizados não foram adequados para o georreferenciamento dos vértices urbanos.

A representação das discrepâncias para cada vértice é apresentada no gráfico da Figura 3, comparando os levantamentos topográfico e GNSS e no gráfico da Figura 4, comparando os levantamentos topográfico e aerofotogramétrico.

Figura 3 - Gráfico comparativo entre os dados dos levantamentos topográfico e GNSS

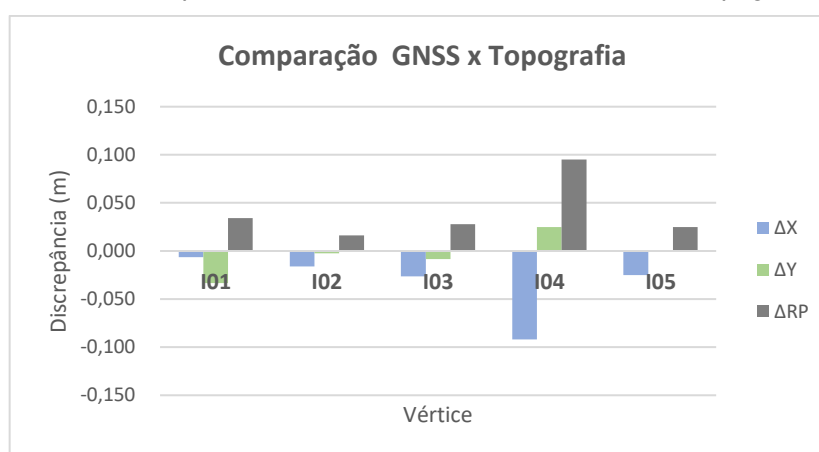
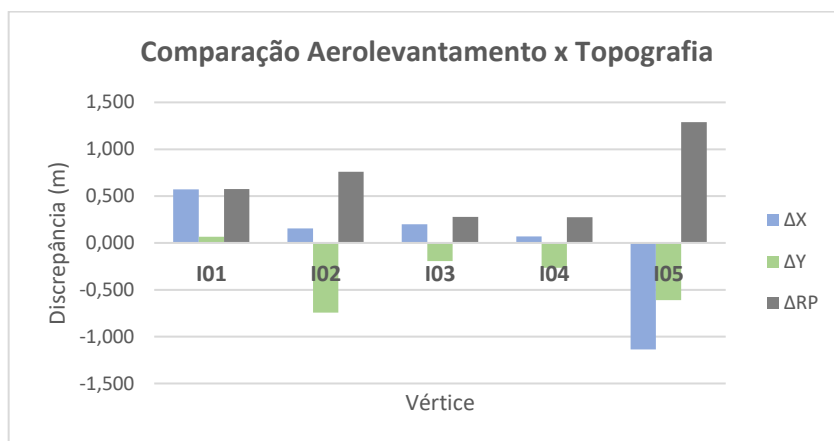


Figura 4 - Gráfico comparativo entre os dados dos levantamentos topográfico e aerofotogramétrico

As discrepâncias e os indicadores estatísticos para os vértices da área 1 são apresentados na Tabela 3.

Tabela 4 - Indicadores estatísticos das discrepâncias entre as coordenadas dos vértices da área 2

Discrepâncias Estatísticas	Topográfico x GNSS (m)		
	Δx	Δy	ΔRP
Média	0,149	0,101	0,229
Desvio Padrão - σ	0,439	0,154	0,439
Máximo absoluto	1,045	0,414	1,124
Mínimo absoluto	0,021	0,018	0,029

Conforme se verifica na Tabela 4, a comparação entre as coordenadas obtidas por GNSS e levantamento topográfico resultou em uma discrepância média para a resultante planimétrica de 0,229 m com um desvio padrão de 0,439 m. Esses resultados indicam que a tolerância de 24 cm na comparação de métodos, especificada na NBR 17047/2022 não foi atendida.

Entretanto, observa-se que a média foi distorcida pela discrepância elevada do ponto I07, situado na área 2, onde as obstruções causadas por edificações em alturas comprometeram a recepção dos sinais GNSS. Nessa condição, o processamento resultou em solução flutuante da ambiguidade, ocasionando discrepância superior a 1,12 m. Todos os demais pontos da área 2 (I06 e I08 a I11), assim como os pontos da área 1 (I01 a I05), apresentaram solução fixa e discrepâncias inferiores a 5 cm, evidenciando boa concordância entre GNSS e levantamento topográfico. Dessa forma, verifica-se que a localização dos pontos em áreas com diferentes condições de obstrução influencia diretamente a qualidade posicional, sendo a discrepância elevada atribuída a um caso pontual e não ao desempenho geral dos métodos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento topográfico convencional por dupla irradiação mostrou-se uma opção confiável para o georreferenciamento de imóveis urbanos, embora dependa de uma infraestrutura geodésica local, provida por uma Rede de Referência Cadastral Municipal. Pela metodologia aplicada, foi possível obter coordenadas com precisão da ordem de 14 mm na resultante planimétrica, valor que representa apenas 17,5% da tolerância de 8 cm estabelecida pela NBR 17047/2022 (ABNT, 2022b) para vértices de imóveis urbanos

No levantamento GNSS em modo RTK, as precisões também foram satisfatórias, ficando inferiores a 3,2 cm na área 1 (I01 a I05) e 3,8 cm na área 2 (I06 a I11). Apenas o vértice I07, localizado em área de obstrução por edificações, apresentou discrepância acima do esperado, com 15,4 cm na resultante planimétrica, decorrente de solução flutuante da ambiguidade. A comparação entre áreas reforça que, a confiabilidade do GNSS depende, em grande parte, da obtenção de soluções fixas. Embora a área 2 possuisse edificações em altura, nem todos os pontos foram degradados, evidenciando que a influência das obstruções é localizada. Ainda assim, tais condições, somadas a vegetação, obras de arte e outros elementos urbanísticos, configuram desafios para o uso do GNSS em ambiente urbano.

Na comparação entre os dados do levantamento topográfico e aqueles obtidos por vetorização de ortofotos, verificou-se que o produto aerofotogramétrico não apresentou qualidade suficiente para atender à NBR 17047/2022 (ABNT, 2022b), pois apresentou discrepâncias superiores ao limite normativo.

O georreferenciamento urbano é um avanço no que se refere ao cadastro territorial e a observância das normas relacionadas é essencial para atingir padrões de qualidade suficientes para esse objetivo.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 13133/2021 – Execução de levantamentos topográficos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ABNT. **NBR 14166/2022 – Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM) – Padronização e controle**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ABNT. **NBR 17047/2022 – Levantamento cadastral urbano georreferenciado**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

BRASIL. **Decreto nº 4.449, de 30 de outubro de 2002. Regulamenta dispositivos da Lei nº 10.267/2001**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 31 out. 2002.

BRASIL. Lei nº 10.267, de 28 de agosto de 2001. **Altera dispositivos das Leis nos 4.947, de 6 de abril de 1966, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 6.739, de 5 de dezembro de 1979, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e dá outras providências**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 29 ago. 2001.

COELHO, L. A. N. **Precisão na determinação de coordenadas em cadastro urbano: uma abordagem comparativa entre GNSS e métodos tradicionais**. 2013. 176 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA – INCRA. **Manual técnico de georreferenciamento de imóveis rurais**. Brasília, DF: INCRA, 2022.

MALLMANN, Jean. **“Lei” de georreferenciamento urbano: a partir de agora o registrado de imóveis deve exigir o geo em todos os trabalhos técnicos?** In Revista de Direito Imobiliário (RDI). Coord. Ivan Jacopetti do Lago. Instituto de Registro Imobiliário do Brasil (IRIB). Ano 46, v. 94. São Paulo: Thomson Reuters/Revista dos Tribunais, jan.-jun. 2023, p. 247-274.

SCHNEIDER, V. **Fotogrametria com GNSS/RTK/NTRIP aplicado ao cadastro topográfico urbano**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Georreferenciamento) – Instituto Federal do Espírito Santo, Colatina, 2020.

TORRES, G. M. et al. **Comparação da acurácia de um levantamento topográfico com estação total e drone, associados ao GNSS RTK: estudo de caso em Natal-RN**. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA – CONECTE, 2021, Natal. Anais [...]. Natal: CONECTE, 2021. p. 1–12.