

## COMPARAÇÃO ACURÁCIA DE UM LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO COM ESTAÇÃO TOTAL E DRONE, ASSOCIADOS AO GNSS RTK: ESTUDO DE CASO EM NATAL/RN

ELLEN MIRLEY MEDEIROS TORRES<sup>1</sup>, VINICIUS NAVARRO VARELA TINOCO<sup>2</sup> e ALMIR MARIANO DE SOUSA JUNIOR<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia Civil, UFERSA, Mossoró-RN, ellentorres99@gmail.com;

<sup>2</sup>Bel. em Engenharia Civil, Mestrando PPGECiv-UFSCar, São Carlos-SP, navarrotinoco@gmail.com;

<sup>3</sup>Dr. em Ciências e Engenharia de Petróleo, Prof. Titular UFERSA, Mossoró-RN, almir.mariano@ufersa.edu.br.

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
15 a 17 de setembro de 2021

**RESUMO:** A Regularização Fundiária Urbana de Interesse Social (Reurb-S) busca regulamentar esses núcleos informais aderidos pela parcela mais carente da população. O levantamento planialtimétrico cadastral georreferenciado é uma etapa da Reurb e pode ser realizado por topografia convencional ou por aerofotogramétrico. Este trabalho objetiva o estudo da acurácia dessas metodologias realizadas com estação total auxiliada por RTK e com Drone, respectivamente. Para isso, foi realizado um estudo de caso quantitativo dos levantamentos realizados no Conjunto Habitacional Pajuçara II, localizado na cidade do Natal/RN. O levantamento com estação total auxiliada por GNSS-RTK possui elevada precisão, superior a obtida pelo aerofotogramétrico, garantindo levantamentos planialtimétricos fidedignos à realidade. Apesar disso, o levantamento com o drone adotado também atende às especificações do Decreto nº 9.310/2018 para fins de Reurb, que implica em um limite de 8 cm de erro posicional para estudos planimétricos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tecnologias Insurgentes, Levantamento Planialtimétrico Cadastral, Regularização Fundiária Urbana (Reurb), Erro Posicional, Georreferenciamento.

### **Accuracy comparison of a topographic survey with Total Station and Drone, associated with GNSS RTK: case study in Natal/RN**

**ABSTRACT:** The Urban Land Regularization of Social Interest (Reurb-S) seeks to regulate these informal centers joined by the poorest part of the population. The georeferenced cadastral planialtimetric survey is a step of Reurb and can be carried out by conventional topography or by aerophotogrammetric. This work aims to study the accuracy of these methodologies performed with total station aided by RTK and with Drone, respectively. For this, a quantitative case study of the surveys carried out in the Pajuçara II Housing Complex, located in the city of Natal/RN, was carried out. The survey with total station aided by GNSS-RTK has high precision, superior to that obtained by aerial photogrammetry, guaranteeing reliable planialtimetric surveys to reality. Despite this, the survey with the adopted drone also meets the specifications of Decree No. 9,310/2018 for Reurb purposes, which implies a limit of 8 cm of positional error for planimetric studies.

**KEYWORDS:** Insurgent Technologies, Cadastral Planialtimetric Survey, Urban Land Regularization (Reurb), Positional Error, Georeferencing.

## INTRODUÇÃO

O planejamento urbano no Brasil surgiu ainda entre 1875 e 1906 através da mobilização da elite brasileira, que, visando seus interesses, voltavam suas discussões para obras de melhoramento e embelezamento das cidades. Durante muito tempo o planejamento urbano do país baseou-se em planos que ignoravam a realidade e opinião da população das cidades, sendo, durante esse período, o momento de maior crescimento desordenado das mesmas e criação de localidades irregulares (Maricato, 1997).

O espaço destinado para habitação dos mais pobres nas cidades reforça questões relacionadas à segregação social, nessas localidades a irregularidade das edificações combina-se com outras precariedades (Krause, 2019).

A Regularização Fundiária Urbana (Reurb) no Brasil surge como uma alternativa às questões de moradia, por meio da Lei nº 13.465/2017 que institui medidas jurídicas, urbanísticas, ambientais e sociais de forma a instituir núcleos urbanos informais e disponibilizar a titulação de seus ocupantes. Anteriormente, a partir do Estatuto das Cidades (Lei nº 10.257, 2001) foi possível efetivamente estabelecer instrumentos de democratização e regularização fundiária como parâmetros das políticas públicas urbanas, através de programas, projetos e leis.

Os processos de regularização envolvem diversas etapas, como levantamentos sócio-econômicos e cadastrais, levantamentos topográficos, planos e projetos urbanísticos.

Os levantamentos topográficos objetivam a realização do estudo *in loco* para obtenção da planta do ambiente, que deve ser o mais próxima da realidade. A topografia divide-se em topometria e topologia, a primeira será estudada no presente trabalho e trata de processos de medição que determinam as posições relativas de pontos (Veiga *et al.*, 2012).

Dois tipos de levantamentos podem ser realizados para o estudo da planimetria: os levantamentos topográficos convencionais e os aerofotogramétricos.

O Global Navigation Satellite System (GNSS) corresponde a tecnologia responsável por definir a coordenada global de um ponto, por um sistema conhecido. Entre as tecnologias que empregam o sistema GNSS está o Real Time Kinematic (RTK), que permite a obtenção imediata das coordenadas globais de um determinado ponto, o que viabiliza o levantamento e permite identificação e correção dos erros em campo (Silva *et. al*, 2016).

A estação total é um dos equipamentos topográficos mais utilizados na sociedade. Após sua ascensão, o uso dos teodolitos tradicionais e até eletrônicos foi praticamente extinto (Wolf, 2003).

Segundo a Agência Nacional de Aviação Civil (2022), a Aeronave Remotamente Pilotada, onde o veículo é conduzido de forma remota e empregados em operações corporativas, comerciais ou experimentais. Atualmente, partir de levantamentos aerofotogramétricos, é possível obter dados importantes para determinação das curvas de nível, modelos digitais do terreno e da superfície, além de medições volumétricas e específicas de uma localidade encontrada na superfície terrestre, contanto que esta esteja na imagem adquirida pelo veículo.

Este trabalho estuda um levantamento planialtimétrico georreferenciado realizado através de duas metodologias, com utilização de Estação Total associada ao GNSS RTK e Drone com auxílio de pontos de controle levantados com GNSS RTK, utilizando como parâmetro comparativo a acurácia dos equipamentos. Para a pesquisa, foi realizado um estudo de caso, quantitativo, por realizar uma análise numérica da precisão das tecnologias usadas nos levantamentos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O levantamento foi realizado no Conjunto Habitacional Pajuçara II, localizado na região administrativa norte da cidade de Natal/RN, que se limita ao norte com o bairro Lagoa Azul, à leste com o bairro Redinha, à oeste com o bairro Potengi e ao sul com Salinas (SEMURB-NATAL/RN, 2012). O conjunto está zoneado pelo SIRGAS 2000: Zona 25S. Possui área total de 82,3570 ha (823.569,5475 m<sup>2</sup>) e perímetro igual a 4.126,81 m (Acesso À Terra Urbanizada, 2021 memorial).

O levantamento planialtimétrico convencional foi feito com a Estação Total Geodetic GD2i. O Conjunto Habitacional Pajuçara II foi dividido em 15 áreas, e durante 15 dias uma equipe de 4 pessoas coletou pontos específicos para realização do levantamento e geração dos mapas, esses foram identificados e coletados através do método de irradiação por poligonal aberta.

O levantamento convencional foi georreferenciado por meio do GNSS RTK, modelo X-91, que obteve as coordenadas geográficas dos pontos de locação da Estação Total materializados em

campo com marcações no solo. Essa metodologia é feita por dois equipamentos individuais que se comunicam com os satélites individualmente, um deles é chamado de base e fica estático e o outro, rover, é móvel, onde a equipe obtém as coordenadas de pontos. Durante essa etapa a área de estudo foi dividida em duas etapas, para uma melhor conexão dos dispositivos com o satélite, a base ficou estática por 4 horas, tempo necessário para correção atmosférica pelo site do IBGE, onde confere uma precisão milimétrica.

O processamento foi realizado por um computador cujo processador era AMD RYZEN 9 5950. Primeiramente corrigiu-se o ponto de base através do site do IBGE, usando o programa Rinex Converter, importando os pontos para o site que dará um novo ponto de base para o levantamento. Então os novos pontos corrigidos são inseridos no software AutoCAD e, baseado no Partido Urbanístico Original novas plantas topográficas são geradas.

Um ARP de modelo Phantom 4 PRO RTK foi usado para o levantamento aerofotogramétrico. O vôo foi planejado anteriormente no controle, pelo software DJI TERRA, e feito automaticamente pela máquina, uma pessoa da equipe ficou acompanhando pelo controle. Determinou-se 6 áreas de vôo, estas não ultrapassaram 20 ha, a 100 m de altitude, taxa de sobreposição 60% lateral e 80% longitudinal e velocidade de 8,5 m/s. A metodologia de planejamento levou em consideração o plano 2D. O georreferenciamento do levantamento aerofotogramétrico também foi feito através do GNSS RTK, onde foram distribuídos, sinalizados por alvos e coletados 38 pontos de controle, 20 de verificação, 13 fixos, 1 natural e 2 pontos de base, uma vez que esse levantamento foi realizado em duas etapas, pela manhã e pela tarde.

Para iniciar o processamento deste levantamento também faz a correção de dados, de maneira semelhante, porém os dados são exportados para um arquivo .TXT. Esses pontos são inseridos no software Agisoft Photoscan, onde será gerado um ortomosaico com um mapa do terreno, além de modelos digitais de elevação e superfície. Esse ortomosaico é levado para o software QGIS 3.14 para vetorização, o arquivo vetorizado é levado para o AutoCAD onde são feitos mapas do local estudado.

Este trabalho irá analisar unicamente a acurácia de ambos os levantamentos, para isso calculará o erro que cada levantamento pode proporcionar.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como produto do levantamento planialtimétrico convencional obteve-se uma planta do conjunto, esta foi executada com base nos pontos obtidos pela metodologia de irradiação da Estação Total auxiliada por GNSS RTK e pelo Partido Urbanístico Original do conjunto.

Por análise geométrica, leva-se em consideração os 2 segundos de erro para as medidas retiradas a, no máximo, 700 m, conforme o tamanho do conjunto e a metodologia de levantamento, chega-se ao erro máximo estimado de 6 mm.

O levantamento aerofotogramétrico também tem como produto a planta do conjunto, mas esta é executada a partir da vetorização do ortomosaico gerado pelo *software* Agisoft Photoscan Metashape após o processamento das 1199 imagens obtidas pelo vôo da ARP. Além disso é obtido um relatório com modelos de elevação e superfície do terreno, neste mesmo documento é possível verificar dados técnicos dos 6 vôos, que foram feitos a uma altitude média de 117 metros, garantindo uma resolução de 2,84 cm/pixel e um erro de reprojeção de 1,2 centímetros. Além disso, o erro de localização dos pontos é gerado pelo erro humano durante o processamento, segundo o relatório, em X (Leste) o erro médio é 1,49 cm; em Y (Norte) 1,28 cm e em Z (Altitude) 7,42 cm. É compreensível a disparidade posicional ser tão maior para o eixo Z, uma vez que a metodologia usada para planejamento do vôo é planimétrica.

Compreende-se que o GNSS RTK confere o georreferenciamento de ambos os levantamentos, dessa forma, observa-se que o erro posicional das metodologias é influenciado por este equipamento, sendo necessário somar o erro deste com o dos outros equipamentos, já mensurados anteriormente.

A precisão padrão desta tecnologia pode ser conferida na ficha técnica do próprio equipamento, 8 mm, além disso, esta é somada ao erro do pós-processamento do IBGE, obtida na plataforma do órgão. Para um levantamento estático planimétrico de duas frequências a um tempo aproximado e 4 horas se confere uma confiança de 9 mm. A partir da soma, se obtém um erro agregado de 1,7 cm.

Assim, para se estimar o erro do levantamento topográfico convencional é preciso levar em conta a acurácia do GNSS RTK e o erro linear da estação total. Já no levantamento aerofotogramétrico

o erro do GNSS RTK é somado ao erro de apontamento humano do processamento das fotos retiradas no vôo. Esses valores podem ser identificados a partir do Quadro 01.

Quadro 01 – Comparação da acurácia dos levantamentos topográficos convencionais e por ARP's

| Descrição   | Levantamento Convencional | Aerofotogrametria |
|---|---------------------------|-------------------|
| Erro agregado do GNSS RTK (cm)  | 1,7                       | 1,7               |
| Erro linear da Estação Total (cm)                                       | 0,6                       | -                 |
| Erro em X de apontamento dos alvos no processamento do ortomosaico (cm) | -                         | 1,49              |
| Erro em Y de apontamento dos alvos no processamento do ortomosaico (cm) | -                         | 1,28              |
| Erro total (cm)   | 2,3                       | 4,42              |

Fonte: Autoria Própria

### AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, por meio de bolsa ao segundo autor.

Ao Núcleo de Pesquisa e Extensão Acesso à Terra Urbanizada pelas bolsas aos autores.

### REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. RBAC Nº 01: Definições, Regras de Redação e Unidades de Medida Para Uso nos Normativos da Anac. ANAC, 2022.
- BRASIL. Decreto Nº 9.310, de 15 de Março de 2018. Diário Oficial.
- BRASIL. Lei No 10.257, de 10 de Julho de 2001. Diário Oficial.
- Krause, Cleandro. Irregularidade fundiária e urbanística no Brasil: Bases para um projeto de pesquisa. Boletim Regional Urbano e Ambiental, Brasília, v. 1, n. 21, p. 187-189, jul. 2019. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/>. Acesso em: 01 jan. 2022.
- Maricato, Ermínia. Brasil 2000: qual planejamento urbano? Cadernos Ippur, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 113-130, out. 1997.
- Veiga, Luis Augusto Koenig; Zanetti, Maria Aparecida Zehnpfenning; Faggion, Pedro Luis. Fundamentos da topografia: engenharia cartográfica e de agrimensura. Paraná: Universidade Federal do Paraná, 2012.
- Silveira, Breno Dayano Azevedo da. Pajuçara – Natal - Memorial Descritivo. Natal: Acesso A Terra Urbanizada, 2021, Memorial Descritivo.
- SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE E URBANISMO. Conheça Melhor seu Bairro: Pajuçara. Natal: Prefeitura Municipal de Natal, 2012.
- Wolf, P. R. Surveying and mapping: history, current status and future projections. Páginas 163 a 191 do livro Perspectives in Civil Engineering: Commemorating the 150th Anniversary of the American Society of Civil Engineers. Editado por American Society of Civil Engineers, 2003.
- Silva, H. R; Monico J. F. G; Alves D. B. M. Análise do desempenho do RTK em rede no Brasil sob efeito da cintilação ionosférica. Revista Brasileira de Cartografia, n.68/10, p. 2083-2102, 2016.