



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
CURSO DE TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO**

ADONIELTON ALVES DA SILVA

**LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO E CADASTRAL UTILIZANDO
AEROFOTOGRAMETRIA PARA FINS DE PARCELAMENTO DO SOLO NO
MUNICÍPIO DE TERESINA/PI**

TERESINA – PI

2025

ADONIELTON ALVES DA SILVA

LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO E CADASTRAL UTILIZANDO
AEROFOTOGRAMETRIA PARA FINS DE PARCELAMENTO DO SOLO NO
MUNICÍPIO DE TERESINA/PI

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Geoprocessamento do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Central.

Orientador: Profº. Me. Daniel Silva Veras

TERESINA – PI

2025

LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO E CADASTRAL UTILIZANDO AEROFOTOGRAMETRIA PARA FINS DE PARCELAMENTO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE TERESINA/PI

Adonielton Alves da Silva¹

Daniel Silva Veras²

RESUMO

O parcelamento do solo urbano exige o conhecimento minucioso das características topográficas e ambientais da gleba, conforme determina a Lei Federal nº 6.766/1979, demandando um levantamento topográfico preciso. Este trabalho teve por objetivo realizar o levantamento planialtimétrico e cadastral dos limites de um imóvel urbano, especificamente na Reitoria do Instituto Federal do Piauí (IFPI), em Teresina (Piauí), visando subsidiar um projeto de parcelamento do solo. A metodologia empregada combinou o uso de tecnologia GNSS de alta acurácia para a coleta de pontos de controle em solo pelo método relativo estático e o levantamento aerofotogramétrico, utilizando drone DJI Mavic Air. Os dados foram processados nos softwares Agisoft Metashape e QGIS, resultando em um ortomosaico georreferenciado (datum SIRGAS2000, UTM Fuso 23 Sul) com um GSD de 2,71 cm/pix. A acurácia do produto foi confirmada pelo Erro Médio Quadrático (RMS) do conjunto de pontos de controle, apresentando um erro total de 25,1 cm, validando a precisão topográfica. O mapeamento cadastral, que abrangeu uma área de 11.296,89 m², forneceu uma base cartográfica confiável para a gestão patrimonial do campus e o planejamento de futuros projetos de infraestrutura. Conclui-se que a integração das técnicas de GNSS e aerofotogrametria se mostrou eficiente, produzindo um cadastro detalhado que cumpre as exigências legais e técnicas para o parcelamento do solo urbano, sugerindo-se a futura implementação de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) para gerenciamento contínuo da propriedade.

Palavras-chave: levantamento planialtimétrico; aerofotogrametria; ortomosaico; cadastro; Teresina.

ABSTRACT

Urban land subdivision requires detailed knowledge of the tract's topographical and environmental characteristics, as determined by Federal Law No. 6,766/1979, necessitating a precise topographic survey. This study aimed to perform the planialtimetric and cadastral survey of the boundaries of an urban property, specifically the Rectory of the Federal Institute of Piauí (IFPI) in Teresina, Piauí, in order to support a land subdivision project. The methodology employed combined the use of high-accuracy GNSS technology for collecting ground control points using the static relative method and an aerial photogrammetric survey utilizing a DJI Mavic Air drone. Processing was performed using Agisoft Metashape and QGIS software, resulting in a

¹ Graduando em Geoprocessamento. Instituto Federal do Piauí – IFPI. E-mail: adonielton.as@gmail.com

² Profº Me. em Geoprocessamento. Instituto Federal do Piauí – IFPI. E-mail: danielveras@ifpi.edu.br

georeferenced orthomosaic (SIRGAS2000 datum, UTM Zone 23 South) with a GSD of 2.71 cm/pix. The product's accuracy was confirmed by the Root Mean Square (RMS) Error of the control point set, showing a total error of 25.1 cm, thus validating the topographic precision. The cadastral mapping, covering an area of 11,296.89 square meters, provided a reliable cartographic base for the campus's property management and the planning of future infrastructure projects. It is concluded that the integration of GNSS and aerial photogrammetry techniques proved efficient, producing a detailed cadaster that meets the legal and technical requirements for urban land subdivision, with the future implementation of a Geographic Information System (GIS) for continuous property management being suggested.

Keywords: surveying; aerophotogrammetry; orthomosaic; cadastral surveying; Teresina.

Data de aprovação: 16/12/2025

1 INTRODUÇÃO

O parcelamento do solo urbano pode se apresentar, de forma geral, sobre dois aspectos: o físico, que é a divisão do terreno propriamente dita, e o jurídico, que determina sobre o direito de propriedade referente a cada unidade de terra dividida. Segundo, Athaydes e Athaydes (1984), o parcelamento do solo pode ser definido como a divisão geodésico-jurídica de um lote, uma vez que por meio dele se divide o solo e, concomitantemente, o direito respectivo de propriedade (ATHAYDES, O. G.; ATHAYDES, L. A. D. G., 1984 apud BARBALHO, L.V. et al., 2018, p.242)

Conhecer bem as características topográficas e ambientais do local é um dos requisitos básicos para a elaboração de um bom projeto de parcelamento (MESQUITA, 2012). Por esse motivo, a própria legislação federal que trata do parcelamento do solo urbano, Lei nº 6.766/1979, traz a obrigatoriedade de realização de um levantamento topográfico da gleba antes de ser fracionada. O objetivo é o conhecimento pormenorizado do terreno, detalhando as divisas, as curvas de nível, a localização precisa de cursos d'água, bosques e construções existentes, dentre outras informações.

Por muito tempo, a realização desses levantamentos topográficos, com o nível de precisão e detalhamento requeridos, era efetuada a partir do instrumental ofertado pela Topografia. Esses métodos tradicionais incluíam a utilização de equipamentos para a medição de distâncias, ângulos e desníveis, tais como as estações totais. Por meio dos métodos e processos efetuados no levantamento topográfico, é possível

implantar e materializar pontos de apoio no terreno, determinando suas coordenadas topográficas. Além disso, outros pontos de detalhe podem ser coletados, visando a exata representação planimétrica e altimétrica do terreno. (VEIGA et. al., 2012).

Posteriormente, a tecnologia GNSS (Global Navigation Satellite System) também passou a ser utilizada no levantamento topográfico. Ela pode ser entendida como uma rede de satélites artificiais que transmitem sinais para o posicionamento e localização de qualquer objeto, em qualquer lugar do planeta e tem como objetivo principal obter dados de localização para diversas finalidades, tais como: navegação, geodésica, hidrográfica, agrícola, pesquisa, entre outras (JUNIOR et. al., 2023).

Historicamente, os métodos tradicionais de levantamento topográfico e mapeamento eram onerosos, demandavam tempo significativo e, em certas situações, expunham equipes a riscos consideráveis. A introdução dos drones, equipados com sistemas de imageamento de alta resolução, superou essas barreiras, permitindo a captura ágil e segura de dados fotográficos detalhados em extensas áreas (COLOMINA & MOLINA, 2014).

A aerofotogrametria é um conjunto de procedimentos executados com a intenção de se captar uma representação de porção da superfície terrestre desde fotografias aéreas (ou aerofotografias) mediante o auxílio de uma câmera fotográfica estabilizada de maneira vertical em relação ao solo (PEGORARO et. al., 2013 apud JERÔNIMO, 2024, p.09). Essa técnica é vantajosa devido a sua praticidade e baixo custo de operação, além da rapidez e qualidade das imagens produzidas. Dito isso, os veículos aéreos não tripulados têm a vantagem de serem mais acessíveis em termos de custo e também são mais rápidos para operar, o que os torna ideais para levantamentos em áreas menores. Além disso, eles podem fornecer dados de alta resolução com relativa facilidade, o que os torna vantajosos para projetos que exigem maior precisão e detalhamento. (Simões, 2022 apud Kock, 2025, p. 17).

Diante disso, o presente trabalho tem por objetivo realizar um levantamento planialtimétrico e cadastral dos limites de um imóvel urbano no município de Teresina/PI com vistas a subsidiar projeto de parcelamento do solo. Para isso, será operado o levantamento georreferenciado do perímetro do imóvel e dos detalhes pertinentes (vias adjacentes, equipamentos públicos no entorno, cursos d'água existentes, mata nativa, árvores de grande porte e tombadas) com uso da tecnologia GNSS. Posteriormente, será executado o levantamento aerofotogramétrico da área com a utilização do drone DJI Mavic Air e dos pontos de controle em solo. E, por fim,

evidenciaremos a qualidade posicional dos produtos gerados à luz da legislação pertinente.

A escolha da temática abordada nesse trabalho de conclusão de curso é pertinente ao campo de atuação do tecnólogo em geoprocessamento e compreende uma das habilidades/competências previstas no Perfil do egresso do Curso Superior de Tecnologia em Geoprocessamento. Além disso, o trabalho realizado poderá contribuir com a gestão e planejamento do IFPI no sentido de oferecer informações precisas sobre o relevo para subsidiar projetos de drenagem, acessibilidade, obras civis, terraplanagem e paisagismo. Esses dados também permitem identificar áreas de risco, calcular volumes com maior precisão e aprimorar o cadastro territorial, resultando em decisões mais seguras, econômicas e eficientes para o desenvolvimento e expansão do campus.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO PARA FINS DE PARCELAMENTO DO SOLO

O Parcelamento do Solo Urbano é um instrumento de execução da política de desenvolvimento e expansão urbanos em sede municipal, vinculado às diretrizes do art. 2º do Estatuto da Cidade e regulado pela Lei n. 6.766, de 19 de dezembro de 1979, compreendendo normas urbanísticas, sanitárias, civis e penais visando a disciplinar a ocupação do solo e o desenvolvimento urbano, e a tutela do interesse público coletivo incluído na defesa da coletividade adquirente dos lotes previstos no empreendimento (SOUTO, 2010).

A lei federal nº 6.766/1979 traz em seu artigo 6º que antes do projeto de parcelamento, o interessado deve apresentar planta detalhada do imóvel contendo pelo menos:

“I - As divisas da gleba a ser loteada;

II - As curvas de nível à distância adequada, quando exigidas por lei estadual ou municipal;

III - A localização dos cursos d'água, bosques e construções existentes;

IV - A indicação dos arruamentos contíguos a todo o perímetro, a localização das vias de comunicação, das áreas livres, dos equipamentos urbanos e comunitários

existentes no local ou em suas adjacências, com as respectivas distâncias da área a ser loteada;

V - O tipo de uso predominante a que o loteamento se destina;

VI - As características, dimensões e localização das zonas de uso contíguas.”

(BRASIL, 1979)

A partir do trecho acima evidenciado da lei, destacamos quais os elementos devem ser representados, buscando sempre o conhecimento pormenorizado do terreno, suas características topográficas e ambientais, o que contribuirá para a elaboração de projetos de parcelamento melhor qualificados.

No âmbito do município de Teresina, a legislação que dispõe sobre o parcelamento do solo pode ser encontrada na Lei Complementar nº 5.806/2022. Essa lei detalha e complementa a lei federal e estabelece, dentre outras coisas, que: o parcelamento do solo para fins urbanos só é admitido na área urbana e de expansão urbana de Teresina (Art. 84), devendo seguir os parâmetros urbanísticos dispostos no anexo da lei, enquanto a área rural deve obedecer à legislação federal (Art. 84, § 1º). O parcelamento pode ocorrer nas formas de loteamento, desmembramento ou remembramento de lotes (Art. 85), e o resultado são lotes servidos de infraestrutura básica (incluindo escoamento pluvial, iluminação pública e saneamento, conforme Art. 88), vias e equipamentos urbanos e comunitários (Art. 86).

Ainda nesse contexto, a lei supracitada nos explica que um procedimento indispensável é a solicitação de diretrizes, uma etapa prévia ao projeto para loteamentos (Art. 92, § 1º), e que compete à Comissão Técnica Multidisciplinar emitir a certidão (Art. 92, § 2º). Essas diretrizes municipais devem abordar o traçado viário, a conexão com vias existentes e futuras, a reserva de áreas para equipamentos públicos, e a preservação ambiental (Art. 93, I e II).

Conforme o Decreto nº 20.189/2020, que define os procedimentos e documentos mínimos necessários para a análise, aprovação e licenciamento de projetos de parcelamento do solo, explicita em seu artigo 7º, Inciso III, que a solicitação de diretrizes, deverá vir acompanhado de *“levantamento planialtimétrico georreferenciado, em escala que permita a legibilidade, em meio digital, com curvas de nível de metro em metro e pontos cotados, indicando os limites e confrontações do terreno, a orientação magnética e as vias oficiais lindeiras ou próximas;”* (TERESINA, 2020).

2.2 TOPOGRAFIA

A topografia é a ferramenta que confere ao homem a capacidade de descrever o espaço físico com medidas precisas, envolvendo limites de dimensões, ângulos, distâncias e desníveis. Ela permite a transcrição dos dados de campo para projetos técnicos e fornece dados para a representação gráfica do terreno em plantas e desenho. Tudo isso, para embasar projetos estruturais, agrários, arquitetônicos e ambientais (PEREIRA, 2017).

Esse estudo é de suma importância, pois auxilia com medidas e ângulos precisos para diversas áreas, como engenharia civil e agrimensura. Além disso, ela ajuda no planejamento de infraestrutura. É a base de qualquer projeto e de qualquer obra realizada por engenheiros ou arquitetos. É amplamente utilizada no planejamento: obras viárias, gasodutos, oleodutos, barragens, dentre outros, são planejados em função da descrição espacial do terreno. Projeto: obras são projetadas de acordo com posições relativas entre pontos conhecidos, marcos, limites do terreno e outros. Construção: Execução de acordo com o projeto requer o estabelecimento de pontos e controle (MAIA, 2017). Ainda, segundo Espartel (1982) o prévio levantamento topográfico do local onde se implantará qualquer obra de engenharia, arquitetura e agronomia é de primordial importância (ESPARTEL apud CORREIA, 2019, p.09).

O levantamento topográfico cadastral tem por finalidade fixar por meio de plantas e documentos de medições, os limites das propriedades territoriais públicas e privadas com uma precisão que proporcione aos proprietários toda classe de garantias jurídicas, aproveitando tais levantamentos com uma meta fiscal (TRUTTMANN, 1969 apud HASENACK, 2000, p. 9).

O levantamento topográfico planialtimétrico de acordo com a ABNT NBR 13133 (1994), o levantamento topográfico planialtimétrico, é caracterizado pelo planimétrico acrescido da determinação altimétrica do relevo do terreno e da drenagem natural (SEIBT apud ABNT NBR, 2024, p. 15).

Os tipos de equipamentos utilizados no levantamento topográfico tradicional são: O Teodolito, a Estação Total e o Nível Topográfico. O Teodolito, que é um instrumento essencial para a medição de ângulos horizontais e verticais, sendo amplamente utilizado em topografia, engenharia, construção civil e estudos geodésicos (ALCÂNTRA, et. al., 2025). Basicamente, um teodolito é, em essência,

um telescópio com movimentos graduados na vertical e na horizontal, e montado sobre um tripé centrado (norteado) e verticalizado, podendo possuir ou não uma bússola incorporada.

A estação total eletrônica, segundo Borges (2017), é um instrumento eletrônico utilizado para coleta de dados topográficos planialtimétricos, indicados para lances superiores a 250 metros, composto de luneta com movimentos vertical e horizontal, dois discos graduados, sendo totalmente digital que realiza cálculos e armazena dados de forma automática (CRUZ; PERIN apud BORGES, 2021).

O Nível Topográfico é um instrumento destinado a gerar um plano horizontal de referência para calcular os desníveis entre pontos. Podem ser automáticos ou digitais (COSTA, 2014, p. 9).

O levantamento topográfico executado da forma tradicional apresenta algumas desvantagens. Uma desvantagem, por exemplo, considerando no caso o teodolito, é a realização de cálculos, determinando fios inferiores e superiores, visualizados dessa forma, na lente do equipamento, além do tempo gasto ser bem maior (LIMA, et. al., 2025). Por outro lado, a Estação Total não consegue capturar pontos que se encontram atrás de objetos, mostrando uma de suas desvantagens. Desta forma, antes de escolher um ponto de estação, é necessário que o operador observe se do lugar escolhido é possível capturar todos os pontos de interesse, economizando tempo de trabalho. Outras desvantagens encontradas na utilização da Estação Total é o longo tempo para a realização do serviço e a necessidade de um ajudante (FIGUEREDO; NETO, 2019).

Segundo (FARIA; RIBEIRO, 2025, p.18) uma das desvantagens do nível topográfico é que para cada ponto do alinhamento gasta-se muito tempo para instalação, pois ele só está apto a ser usado depois de estar perfeitamente centralizado e nivelado.

2.3 SISTEMA GLOBAL DE POSICIONAMENTO POR SATÉLITE (GNSS)

O sistema GNSS é um conjunto de constelações de satélites global que proporcionam uma posição única no espaço. O sistema GNSS é multipropósito, que permite ao usuário determinar sua posição expressa em latitude, longitude e altura geométrica(elipsoidal); em função de coordenadas geográficas cartesianas X, Y e Z em relação ao centro geométrico de um elipsoide coincidente com o centro de massa

da terra. É um sistema de navegação e posicionamento que oferece uma alta precisão com rapidez. Por isso pode ser usado em qualquer aplicação que exija informações sobre posicionamento (SEGANTINE, 2021).

Acerca dos métodos utilizados para a aplicação da tecnologia GNSS, podemos citar o método de posicionamento relativo estático. Esse método, faz o uso de dois ou mais receptores simultaneamente, sendo um deles utilizado como Base e o outro *Rover* (movimento). De acordo, com o INCRA (2013), no posicionamento relativo estático, tanto o(s) receptor(es) do(s) vértice(s) de referência quanto o(s) receptor(es) do(s) vértice(s) de interesse devem permanecer estacionados (estáticos) durante todo o levantamento. Neste método, a sessão de rastreamento se estende por um longo período, de no mínimo 20 minutos.

Segundo Monico (2007), nesse tipo de posicionamento, dois ou mais receptores rastreiam, simultaneamente, os satélites visíveis por um período de tempo que pode variar de dezenas de minutos (20 minutos no mínimo) até algumas horas (MONICO, 2007). Em complemento a essa ideia, Leick (2004) diz que, para a realização do posicionamento relativo é necessário dispor de no mínimo dois receptores, sendo que um deles deve ocupar uma estação de referência com coordenadas conhecidas no referencial de interesse e o outro a estação de interesse, formando as linhas de base (LEICK, 2004 apud ALMEIDA, 2015, p.03).

2.4 FOTOGRAMETRIA

A fotogrametria é a ciência e a tecnologia de obter informações confiáveis sobre objetos físicos e do meio ambiente por meio de processos de gravação, medição e interpretação de imagens fotográficas (TOMMASELLI at. el.; 1999). Durante o correr do tempo a fotogrametria evoluiu e passou a utilizar plataformas aerotransportadas, chamadas VANT, popularmente conhecidas como drones.

De acordo com (SENAR, 2018) drone é um termo genérico, usado para descrever desde pequenos equipamentos até aeronaves não tripuladas de aplicação militar. Ainda segundo a revista (SENAR, 2018), a terminologia correta é aeronave remotamente pilotada de caráter não recreativo. Por fim, de acordo com a revista (SENAR, 2018), VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) é o termo usado para descrever todo e qualquer tipo de aeronave que não necessita de pilotos embarcados para ser guiado. Nesse trabalho optou-se por utilizar a nomenclatura Drone para Aeronaves

Remotamente Pilotadas (ARP) substituindo o termo veículo Aéreo Não Tripulado (VANT).

Esses veículos foram desenvolvidos a partir dos anos 1980 para fins militares, mas houve um surpreendente interesse para uso civil, incluindo mapeamento fotogramétrico de áreas com poucos quilômetros quadrados (VALAVANIS, 2012 apud SILVA, 2015, p.93).

Somando-se a isso, a fotogrametria com drones faz uso de tipos diferentes de plataformas. As mais utilizadas são as asas fixas e as asas giratórias. De acordo com, Renan Barbizan e Fábio Cavichioli, quando falamos de drones, temos vários modelos para diferentes tipos de utilidades. (BARBIZAN; CAVICHIOLI, 2022).

Os drones de asa fixa são basicamente parecidos com os aviões, tendo em vista que eles conseguem voar sobre áreas mais lineares por um período maior, pois há uma bateria integrada a ele, porém ele precisa de uma área maior para inicialmente fazer sua decolagem e depois consequentemente fazer seu pouso (BARBIZAN; CAVICHIOLI apud GIRALDELI, 2022). Já os drones de asas giratórias, ou seja, os que tem várias hélices, sendo as vezes chamados de hexacópteros (seis hélices) ou até mesmo octocópteros (oito hélices), são drones bem mais pesados que os drones de asa fixa, pois eles conseguem trabalhar em um nível altíssimo, atingindo a máxima de sua performance e com uma excelente estabilidade (BARBIZAN; CAVICHIOLI, 2022).

O uso dessas plataformas para levantamentos aerofotogramétricos tem se popularizado nos últimos anos devido à sua versatilidade, menor custo e facilidade de acesso a áreas de difícil alcance. Esses dispositivos são capazes de realizar sobrevoos em altitudes mais baixas, o que resulta em imagens de alta resolução, ideais para estudos em áreas menores ou de risco, como o caso de zonas sujeitas a deslizamentos. Além disso, os drones oferecem flexibilidade operacional, permitindo levantamentos rápidos e com menores custos em comparação com os veículos tripulados (RADEMANN apud KOCK, 2019, p.18).

Por fim, outra vantagem é a qualidade das imagens geradas, que, devido à proximidade com o solo, acabam garantindo a captura de detalhes finos da superfície terrestre que muitas vezes são perdidos em técnicas mais tradicionais (FIGUEREDO apud KOCK, 2022, p.18).

Após a realização do voo de mapeamento, é necessário processar as imagens coletadas e, nessa etapa, para obter todo o potencial das imagens captadas pelo

drone é necessário a utilização de um software fotogramétrico. É ele o responsável por interpretar e unir as imagens georreferenciadas, gerar o ortomosaico, as curvas de nível, o Modelo Digital de Terreno (MDT) e o Modelo Digital de Superfície (MDS), a Nuvem de Pontos entre outros (JERÔNIMO, 2024).

O Modelo Digital de Terreno (MDT) é a representação matemática contínua da distribuição espacial das variações de altitude no terreno. O MDT é um produto que define matematicamente o comportamento altimétrico do relevo, a partir de uma amostragem de pontos coletados com coordenadas conhecidas. A representação visual mais usual é através das curvas de nível em um plano e também em vistas em perspectivas. Com recursos computacionais aliados a tecnologia de coleta de dados é possível extrair medidas tridimensionais com detalhes e precisão, além de interagir com o modelo para visualizar em diferentes pontos de vista (CRUVINEL, at. el., 2021, p. 2).

O Modelo Digital de Superfície (MDS), representa uma parte da superfície da Terra. Portanto, considerando suas altitudes, apresentando as cotas do terreno, porém considera o que ali está sobre o solo como edificações, árvores, veículos, objetos naturais ou artificiais (CPE Tecnologia, 2025).

A Ortofoto conhecida também por ortomosaico, que é uma fotografia aérea produzida em escala e georreferenciada. Essa fotografia possibilita realizar medições de distâncias em suas respectivas posições geográficas (SITOE, 2024, p.16). Uma ortofoto é uma representação cartográfica de um determinado local da superfície terrestre produzida por um conjunto de imagens aéreas adquiridas por um avião ou satélite (SITOE apud LIMA, 2024, p.16). A geração das ortofotos aéreas é realizada por meio de uma ação denominada retificação diferencial ou ortoretificação, que elimina o deslocamento de imagem causado pela inclinação e relevo (SITOE apud LOPES, 2024, p.16).

O Decreto-Lei de 1971 define aerolevantamento como a medição e registro de dados do terreno usando sensores, sendo a execução primariamente de órgãos federais. Permite a atuação de empresas privadas e estaduais, mediante inscrição no Estado-Maior das Forças Armadas (EMFA), que é o órgão incumbido de controlá-las. O objetivo principal é o controle e a segurança nacional sobre o mapeamento do território brasileiro. (DECRETO-LEI Nº 1.177, DE 21 DE JUNHO DE 1971.)

A regulamentação do uso profissional de drones (RPAS) para aerolevantamento no Brasil é gerida por três órgãos principais: a ANAC (Agência

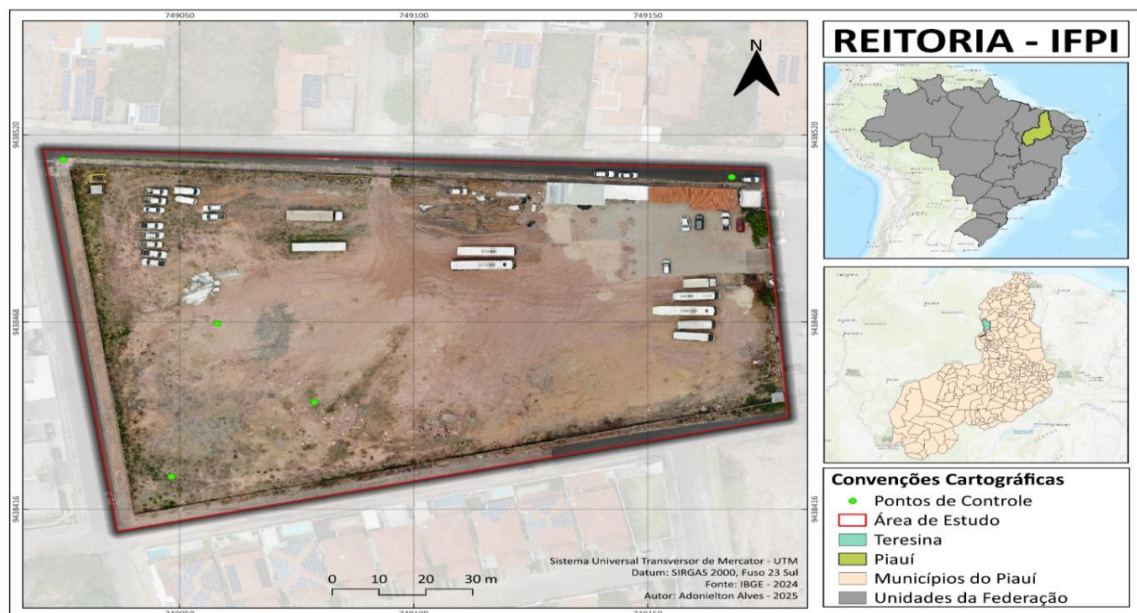
Nacional de Aviação Civil), que estabelece o RBAC-E nº 94 para classificação de aeronaves, registro no SISANT e exigência de seguro; o DECEA (Departamento de Controle do Espaço Aéreo), que utiliza a ICA 100-40 para definir regras de tráfego aéreo, altitude máxima de 120 metros e a necessidade de autorização de voo via SARPAS; e a ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações), que exige a homologação dos equipamentos de radiocomunicação. O Ministério da Defesa exige a Autorização de Voo do Ministério da Defesa (AVOMD), com base em legislação como a Portaria GM-MD nº 3.726/2020, para controlar a prática no país.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área selecionada para o desenvolvimento do presente trabalho foi o terreno na Reitoria do Instituto Federal do Piauí (IFPI), localizada na cidade de Teresina-PI, cuja localização geográfica é 5° 4' 34,79 de latitude Sul e 42° 45' 11,45" de longitude oeste. O terreno possui cerca de 2 hectares e situa-se em uma área urbana consolidada, caracterizada por edificações de múltiplos andares, vias de acesso pavimentadas, áreas verdes ajardinadas e estacionamentos. (ver figura 1)

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

As características relevantes do local incluem a presença de diversas estruturas arquitetônicas complexas, como telhados variados, elementos ornamentais e áreas sombreadas projetadas pelas próprias edificações. A vegetação, composta por árvores e arbustos, também é um componente significativo, exigindo um planejamento de voo cuidadoso para garantir a cobertura completa e a qualidade dos dados. A densidade de construções e a presença de tráfego de veículos e pessoas em dias úteis são fatores que foram considerados durante a operação do drone, visando a segurança e a eficiência da missão.

3.2 COLETA DE DADOS GNSS

O levantamento GNSS foi executado a partir da utilização de quatro receptores GNSS que operaram na configuração relativo estático, sendo um receptor de base: marca Ruide, modelo R90T, e três receptores rovers, sendo um equipamento da marca RUIDE, modelo R90T e dois outros equipamentos GNSS prototipados a partir do chip GNSS UBLOX ZED-F9P. No local selecionado foi implantado um ponto base com tempo de rastreio 2:13 horas e a metodologia de correção foi via serviço de Posicionamento por Ponto Preciso do IBGE (IBGE – PPP)³. A tabela 01 apresenta as coordenadas e desvios padrões obtidas após o processamento do ponto base:

Tabela 01 - Coordenadas da estação Base

Ponto	Latitude (GMS)	Longitud e (GMS)	Altitude Geom. (m)	Altitude Orto. (m)	UTM N (m)	UTM E (m)	Sigma Lat. (m)	Sigma Long. (m)	Sigma Alt. (m)
Base	5°04'34,3266" S	42°45'09,1171" W	86,16	107,490	9438479,882	749175,853	0,009	0,021	0,022

Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

³ IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Serviço online para pós-processamento de dados GNSS (IBGE-PPP)*. Disponível em: <https://ibge.gov.br/geociencias/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/servicos-para-posicionamento-geodesico/16334-servico-online-para-pos-processamento-de-dados-gnss-ibge-ppp.html?=&t=processar-os-dados>. Acesso em: 15 jan. 2026.

Na sequência, outros oito (08) pontos foram implantados e sinalizados para serem utilizados como controle ou verificação no processamento das fotografias áreas obtidas pelo Drone. Dessa forma, haverá uma verificação da acurácia e precisão do ortofotomosaico produzido buscando delimitar os limites visíveis do terreno de estudo. O método de posicionamento foi o relativo estático rápido com tempo mínimo de rastreo necessário para fixar as ambiguidades do sistema, garantindo precisão centimétrica nos pontos rastreados. O pós-processamento foi efetuado no *software* Topcon Tools v. 8.2. A tabela 02 apresenta as coordenadas pós-processadas dos pontos de apoio:

Tabela 02 - Pontos de controle e Pontos de Verificação

Ponto	Lat. (GMS)	Long. (GMS)	Altitude Geom. (m)	Altitude Orto. (m)	UTM N (m)	UTM E (m)	RMS Horz (m)	RMS Vert (m)
P248/ cont.	5°04'34,7 4062" S	42°45'12,9 3785" W	78,885	100,215	9438467, 568	749058, 081	0,008	0,011
P249/ cont.	5°04'35,4 4874" S	42°45'12,2 6412" W	79,602	100,932	9438445, 737	749078, 765	0,013	0,027
P434/ cont.	5°04'33,4 0355" S	42°45'09,3 7616" W	84,822	106,152	9438508, 273	749167, 970	0,007	0,012
P435/ cont.	5°04'33,2 6336" S	42°45'14,0 1259" W	77,800	99,130	9438513, 077	749025, 123	0,001	0,003
P6956 /cont.	5°04'36,1 2640" S	42°45'13,2 5248" W	75,695	97,025	9438425, 019	749048, 239	0,006	0,011
P436/ verif.	5°04'36,5 6121" S	42°45'13,4 9850" W	73,831	95,161	9438411, 684	749040, 612	0,088	0,069
P437/ verif.	5°04'35,5 9147" S	42°45'09,2 1742" W	82,320	103,650	9438441, 024	749172, 627	0,099	0,063
6956/ verif.	5°04'34,5 2070" S	42°45'10,1 0404" W	83,064	104,394	9438474, 023	749145, 422	0,172	0,124

Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

3.3 LEVANTAMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO

O planejamento de voo é a etapa que precede todo o levantamento através da aerofotogrametria. É nesta etapa que são definidos a resolução do mapeamento, altitude, duração do voo, quantidade de imagens, dentre outros. No presente trabalho, a altura foi definida em 60 metros, com sobreposição das linhas de voo em 75% longitudinal e 70% lateral, e com um plano 3D melhorado. Essa opção melhora a qualidade de estruturas 3D com um percurso de voo de perímetro ou num padrão cruzado.

O levantamento do presente trabalho foi realizado no dia 05/12/2025, às 09:00 horas da manhã. O equipamento utilizado foi o DJI Mavic Air, que possui a bordo uma câmera com sensor do tipo 1/2.3" CMOS e 12 Megapixels de resolução efetiva. O voo foi realizado em modo autônomo seguindo o planejamento do voo previamente estabelecido pelo *APP* Drone Deploy.

3.4 PROCESSAMENTO DOS DADOS

O processamento das fotografias e geração do ortofotomosaico foram realizados no *software* Agisoft Metashape Profissional 2.1.3, licença trial disponível no laboratório de Geoprocessamento do IFPI (Instituto Federal do Piauí).

O ortomosaico gerado foi o produto cartográfico utilizado para a vetorização da Reitoria do IFPI (Instituto Federal do Piauí) e posterior cálculo da área ocupada atualmente. Essa etapa final do mapeamento foi realizada no *software* QGis versão 3.40. O processo de vetorização em tela consiste em contornar um alvo na imagem devidamente georreferenciada utilizando as ferramentas de edição vetorial do *software* SIG gerando uma figura geométrica, que pode ser um ponto, uma linha ou um polígono, preenchendo no momento da gravação os dados de atributos correspondentes.

3.5 VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA

Para garantir a qualidade do projeto, foi necessário validar a precisão das informações coletadas, verificando se existem diferenças entre o que foi mapeado pelo drone e a realidade do terreno. Utilizamos referências de solo para dar segurança técnica ao trabalho, evitando erros de localização ou de altura que pudessem

comprometer os resultados. Assim, organizamos os dados para realizar um confronto direto entre os modelos gerados e as medições de campo. A verificação das discrepâncias planimétricas e altimétricas foram executadas a partir da comparação das coordenadas encontradas no ortomosaico e no MDE gerado com voo fotogramétrico e as coordenadas do levantamento GNSS. Essa comparação foi realizada nos pontos de verificação espalhados pela área de estudo a partir do software QGIS (ver figura 2).

Figura 2 – obtenção das coordenadas na ortofoto a partir do software QGIS.



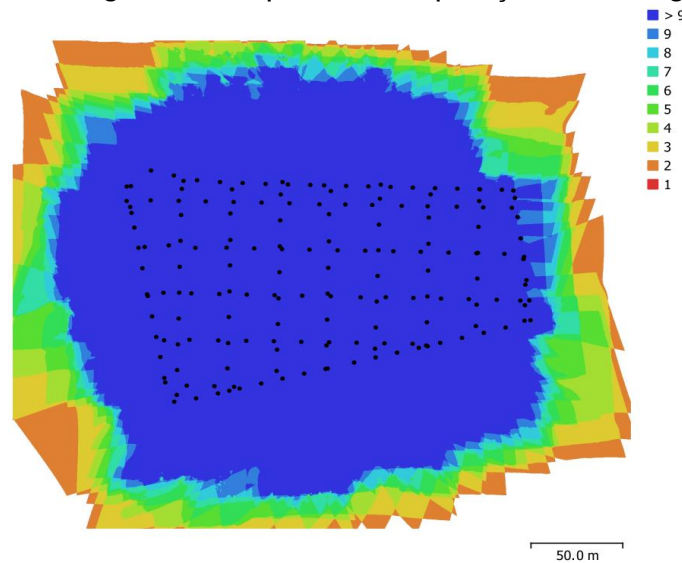
Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

4 RESULTADOS

4. 1 ORTOFOTOMOSAICO GERADO

A precisão de um levantamento aéreo depende diretamente da qualidade dos dados coletados e da correta interpretação visual dos elementos do terreno. Este processo ajuda a evitar erros que podem comprometer a análise final de toda a área estudada. Para garantir a fidelidade do mapeamento, é fundamental analisar com cuidado todas as representações. A qualidade do mapeamento depende da densidade de informações capturadas no plano de voo. Foram coletadas 174 fotografias durante o aerolevanteamento, gerando cerca de 90.153 pontos chaves. As regiões com maior sobreposição garantem mais pontos interpolados e, conseqüentemente, melhor ajuste e precisão no produto gerado (em tons azuis na figura 3).

Figura 3 - Mapa de sobreposição das fotografias.



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

O *Ground Sample Distance* (GSD) do trabalho ficou determinado em 2,71 cm/pix. O GSD garante a resolução espacial da imagem e está diretamente relacionado ao tamanho do pixel da imagem gerada e o nível de detalhamento do mapeamento, pois relaciona o tamanho dos objetos no terreno que seremos capazes de delimitar.

O ajuste em relação ao posicionamento das fotografias na área apresentou Erro Médio Quadrático (RMSE) de 1,26 centímetros. Sendo a dimensão planimétrica (X – easting, Y - northing) apurada em 1,0 cm, o que é consideramos como excelente resultado tendo em vista que o valor é menor que GSD da imagem gerada. O RMSE é o principal indicador de qualidade no processo fotogramétrico e determina acurácia final do ortofotomosaico gerado indicando a variação média de cada ponto contido nos eixos X, Y e Z. Na Tabela 3 apresentamos os erros obtidos no relatório de processamento fornecido pelo software Agisoft Metashape Profissional:

Tabela 03: Control points RMSE

Número	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
5	0.731225	0.687573	0.774142	1.00372	1.26757

Fonte: Agisoft Metashape (2025).

A ortofotomosaico gerada representa a Reitoria do IFPI (Instituto Federal do Piauí) como um mapa aéreo de alta precisão e resolução, sendo o produto final da união de diversas fotos aéreas (ortofotos) devidamente corrigidas geometricamente (ortorretificação) para eliminar distorções de perspectiva e relevo, essenciais em um Levantamento Planialtimétrico Cadastral. Este mapa georreferenciado permite medições de distâncias, áreas e coordenadas com acurácia topográfica, fornecendo a base cartográfica segura e detalhada necessária para a análise e representação precisa dos elementos planimétricos e altimétricos da área. Com esse detalhamento, é possível identificar com clareza cada estrutura física e os limites do terreno, facilitando futuras intervenções ou ampliações no local. Esse nível de informação técnica garante que o planejamento institucional seja feito sobre dados reais e confiáveis.

A ortofotomosaico gerada como produto final para uso nessa análise técnica possui como SRC (Sistema de Referência Cartográfica) o datum SIRGAS2000, coordenadas planas UTM fuso 23 Sul, código EPSG 31983 está representada na figura 4:

Figura 4 – Ortofoto gerada



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Os pontos de verificação são os indicadores de qualidade do levantamento, e a partir da comparação das coordenadas obtidas na ortofoto e a coordenada conhecida (levantada em campo com GNSS), obtemos as discrepâncias apresentadas na tabela 04:

Tabela 04 - Discrepâncias dos pontos de verificação

Pontos de verificação	ΔX (cm)	ΔY (cm)	ΔZ (cm)	Erro Horiz (cm)
P436	-26,0	0,5	62,9	26,0
P437	-40,0	1,9	0,2	40,0
P69561	-15,6	3,4	45,6	15,9
	RMSE_X	RMSE_Y	RMSE_Z	RMSE Planimétrico (cm)
	25,0	1,9	40,11	25,17

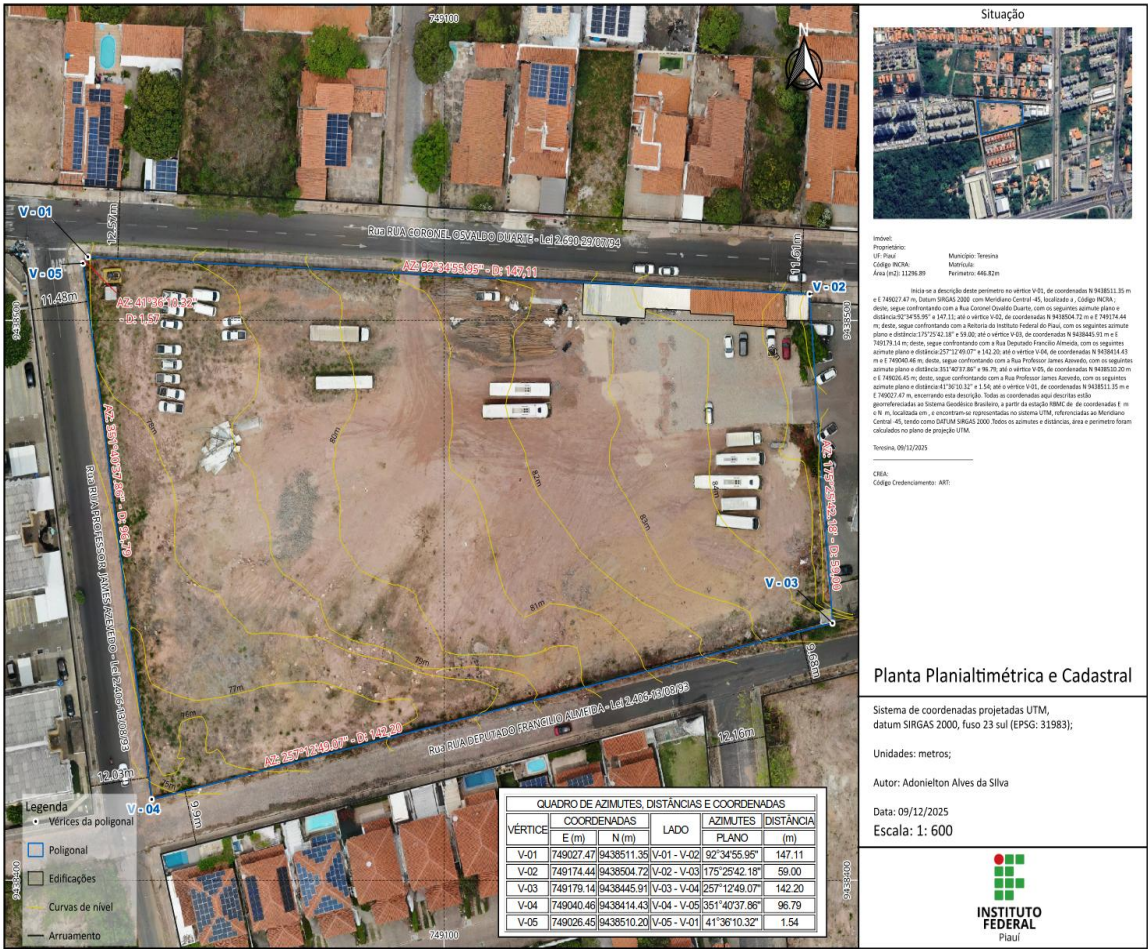
Fonte: Elaborada pelo Autor (2025).

O resultado final obtido nos permite avaliar que a média das discrepâncias planimétricas foi de 25,1 cm. Esse resultado indica uma precisão inferior à desejada, uma vez que o valor calculado supera o limite estabelecido como aceitável para a aplicação em questão que é de 3 vezes o valor do GSD.

4.2 PLANTA PLANIALTIMÉTRICA E CADASTRAL

A partir dos produtos gerados com a aerofotogrametria, a ortofoto e as curvas de nível, foi possível a confecção da planta planialtimétrica e cadastral do imóvel de estudo. A alta resolução espacial da imagem gerada permitiu a vetorização de todos os detalhes solicitados na legislação que trata sobre o parcelamento do solo: detalhamento das divisas, as curvas de nível com equidistância de 1 metro, a localização precisa das construções existentes, dentre outros. O resultado pode ser visualizado na Figura 5:

Figura 5 - Planta



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no Levantamento Planialtimétrico Cadastral da Reitoria do IFPI (Instituto Federal do Piauí), os objetivos propostos foram parcialmente alcançados através de uma metodologia rigorosa com aparelhos GNSS de alta acurácia, são eles: receptores GNSS e aerofotogrametria utilizando drone, resultando em um produto cartográfico de precisão e acurácia mediana, precisão planimétrica de 25,1 cm e altimétrica de 40,1 cm que indica uma precisão abaixo da desejada, pois o cálculo vai além do limite estabelecido para a aplicação que é de 3 vezes o valor do GSD. O mapeamento forneceu o cadastro detalhado do imóvel com uma área total de 11.296,89 metros quadrados e um ortomosaico georreferenciado, validando sua relevância ao oferecer à Reitoria do IFPI (Instituto Federal do Piauí) uma base confiável e atualizada para a gestão patrimonial, o planejamento de futuras expansões

e a tomada de decisão sobre o *campus*. Apesar dos desafios característicos ao trabalho de campo com dificuldade e interferência na captação GNSS, este estudo se estabelece como um modelo metodológico e, como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se a integração dos dados coletados em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) para otimizar o gerenciamento espacial da propriedade.

REFERÊNCIAS

(CPE TECNOLOGIA. **MDT e MDS: você sabe a diferença?** Disponível em: <https://blog.cpetecnologia.com.br/mdt-e-mds-voce-sabe-a-diferenca/>. Acesso em: 07 dez. 2025).

BARBALHO, L. V. et al. Levantamentos terrestres aplicados ao parcelamento do solo urbano: um estudo de caso em Bangu, Rio de Janeiro - RJ. **Revista Brasileira de Geomática**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 241-271, jul./set. 2018. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo>. Acesso em: 9 dez. 2025.

MESQUITA, A. P. Parcelamento do Solo Urbano e suas Diversas Formas. 1. ed. rev. Curitiba, PR: **IESDE Brasil**, 2012. 202 p.

DIAS JUNIOR, A. L.; VILLANI, P. M.; PAULA, L. D. R. de. Posicionamento GNSS: comparativo de resultados de processamentos obtidos com o uso das constelações GPS, GLONASS e GALILEO. **PARAMÉTRICA**, [Belo Horizonte, MG], v. 15, n. 2, ago./dez. 2023. Disponível em: <https://www.periodicos.famig.edu.br/index.php/parametrica/article/view/442> Acesso em: 9 dez. 2025.

JERÔNIMO, L. L. **Irrigação de jardins: aerolevantamento como fonte de dados topográficos**. 2024. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrícola) – Instituto Federal Goiano, Câmpus Urutaí, Urutaí, GO, 2024.

KOCK, N. **Análise do uso da aerofotogrametria com VANT para subsídio ao Plano Municipal de Redução de Risco de Florianópolis/SC**. 2025. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2025. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/263884>. Acesso em: 9 dez. 2025.

BRASIL. **Lei n. 6.766, de 19 de dezembro de 1979**. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 19457, 20 dez. 1979. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm. Acesso em: 9 dez. 2025.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE SANTA CATARINA. **Guia do Parcelamento do Solo Urbano**: perguntas e respostas, consultas e modelos. Elaboração sob a Coordenação-Geral de Luís Eduardo Couto de Oliveira Souto. Florianópolis: MPSC, 2010. 289 p. Disponível

em: https://documentos.mpsc.mp.br/portal/conteudo/cao/cme/guia_parcelamento_web.pdf. Acesso em: 9 dez. 2025.

TERESINA (Município). **Lei Complementar nº 5.806, de 20 de outubro de 2022.** Altera o parágrafo único do art. 287 da Lei Complementar nº 5.807, de 18 de outubro de 2022, que institui o Código de Zoneamento, Parcelamento e Uso do Solo Urbano do Município de Teresina, e dá outras providências. Acervo Digital da Câmara Municipal de Teresina, Teresina, 20 out. 2022. Disponível em: <http://200.23.153.37/acervodigital/norma/lei-complementar-5806-2022>. Acesso em: 9 dez. 2025.

TERESINA (Piauí). **Decreto nº 20.189, de 2020.** Define os procedimentos e documentos mínimos necessários para a análise, aprovação e licenciamento de projetos de parcelamento do solo. Teresina, PI: Diário Oficial do Município, 2020. Disponível em: <https://www.diariooficialdosmunicipios.org/>. Acesso em: 9 dez. 2025.

TERESINA. **Decreto n. 20.189, de 9 de novembro de 2020.** Define os procedimentos e documentos mínimos necessários para a análise, aprovação e licenciamento de projetos de parcelamento do solo, e dá outras providências. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/494942557/TERESINA-Decreto-de-parcelamento-do-solo>. Acesso em: 9 dez. 2025.

ANDRADE, Manuela de Almeida; PEREIRA, Adriane Nunes. **Fundamentos da Topografia.** Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017. 216 p.

MAIA, Tule César Barcelos. **Topografia, Geodésia e Cartografia.** [S.l.: s.n.], 2017. Material didático em formato PDF. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/720165398/Introducao-a-Topografia>. Acesso em: 9 dez. 2025.

CORREIA, Caique Pacheco. **Levantamento Planialtimétrico Utilizando a Aerofotogrametria por Drone em Conjunto com GPS-RTK.** 2019. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Minas) – Universidade Federal de Goiás, Regional Catalão, Catalão/GO, 2019.

HASENACK, Markus. **Originais do Levantamento Topográfico Cadastral: Possibilidade de Sua Utilização para a Garantia dos Limites Geométricos dos Bens Imóveis.** 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Opção Cadastro Técnico Multifinalitário) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2000.

SEIBT, Alessandro Matheus. **Levantamento Topográfico Planialtimétrico: Estudo de Caso Entre Métodos de Levantamento de Uma Propriedade Rural.** 2024. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Unidade de São Luiz Gonzaga, São Luiz Gonzaga/RS, 2024.

ALCÂNTARA, Davi Willams de Paiva et al. Modelagem Matemática e Medição de Alturas: Uma Experiência com Teodolito no Ensino Médio. **Revista ARACÊ**, [S.l.], v.

7, n. 12, p. 004, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.56238/arev7n12-004>. Acesso em: 9 dez. 2025.

CRUZ, João Guilherme Marinho da; PERIN, Jessica. **Topografia na Construção Civil: Análise comparativa dos levantamentos topográficos realizados por estação total e drone**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Anhanguera de Pindamonhangaba, Pindamonhangaba/SP, 2020. Disponível em: https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/54783/1/JO%C3%83O_GUILHERME_MARINHO_DA_CRUZ_ATIVIDADE_DEFESA.pdf. Acesso em: 9 dez. 2025.

COSTA, Glauber Carvalho. **Topografia 1: Prática, Instrumentos Topográficos**. Recife, 2014. Apostila (Disciplina de Topografia 1) – Laboratório de Topografia (LABTOP), Universidade Católica de Pernambuco, Recife/PE, 2014.

VEIGA, Luis Augusto Koenig et al. **Fundamentos de Topografia**. Curitiba, 2007. Apostila/Livro. Departamento de Geomática, Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR, 2007.

FIGUEREDO, Ruan Henrique Barros. **Estudo de Caso: Custo-benefício de Levantamentos Topográficos Planimétricos Realizados sob o Uso de Drone, Georreferenciamento RTK e Estação Total**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró/RN, 2019. Disponível em: <http://repositorio.ufersa.edu.br/handle/tede/3836>. Acesso em: 10 dez. 2025.

VEIGA, Luis Augusto Koenig et al. **Fundamentos de Topografia**. Curitiba: Departamento de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, Universidade Federal do Paraná, 2012.

SEGANTINE, Paulo César Lima. **Estudo do sinergismo entre os Sistemas de Informação Geográfica e o de Posicionamento Global**. 2001. (Livre-Docência em Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos/SP, 2001. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/18/tde-02102007-092045/publico/PauloSegantine.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). **Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. 3. ed. Brasília, DF: INCRA, 2013. Disponível em: <https://sigef.incra.gov.br/static/documentos/norma>. Acesso em: 10 dez. 2025.

MONICO, João Francisco Galera. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. 1. ed. São Paulo: Editora Unesp, 2007.

ALMEIDA, Marília Sanglard; DAL POZ, William Rodrigo. Posicionamento por ponto preciso e posicionamento relativo com GNSS: qual é o método mais acurado atualmente? **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 22, n. 1, p. 175-195, jan./mar. 2016. Disponível

em: <https://www.scielo.br/j/bcg/a/qFR4PxJRjSVdbLxWxSnJzvL/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 10 dez. 2025.

TOMMASELLI, A. M. G. et al. **Fotogrametria**: aplicações a curta distância. In: MENEGUETE JR, M.; ALVES, N. (Org.). *FCT 40 anos: Perfil Científico-Educacional*. Presidente Prudente: UNESP/FCT, 1999. p. 147-159. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/267035028_FOTOGRAMETRIA_aplicacoes_a_curta_distancia. Acesso em: 10/12/2025.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL (SENAR). **Agricultura de precisão: operação de drones**. Brasília: Senar, 2018. 84 p. (Coleção Senar, n. 249). Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/249-DRONES.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2025.

SILVA, Daniel Carneiro da. Evolução da Fotogrametria no Brasil. **Revista Brasileira de Geomática (RBGEO)**, Pato Branco, PR, v. 3, n. 2, p. 81-96, jul./dez. 2015. Disponível em: [10.3895/rbgeo.v3n2.5467](https://doi.org/10.3895/rbgeo.v3n2.5467). Acesso em: 10 dez. 2025.

BARBIZAN, Renan Zaguine; CAVICHIOLI, Fábio Alexandre. **Uso de Drones na Pulverização da Agricultura 4.0**. Interface Tecnológica, Taquaritinga, SP, v. 19, n. 2, p. 584-596, 20 dez. 2022. Disponível em: [10.31510/infa.v19i2.1454](https://doi.org/10.31510/infa.v19i2.1454). Acesso em: 10 dez. 2025.

CRUVINEL, Liliane et al. Elaboração e análise de modelo digital de terreno com dados de posicionamento GNSS-RTK e dois interpoladores. **GETEC (Revista Gestão, Tecnologia e Ciências)**, [S. l.], v. 10, n. 34, p. 45-63, 2021. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/getec/article/view/2567>. Acesso em: 10 dez. 2025.

SITOE, Jéssica Elisa Joaquim. **Aplicação de Técnicas da Fotogramétrica Digital com Recurso a Imagens Colhidas por Drones na Produção de um Mapa Planialtimétrico: Estudo de Caso: Bairro Chiango**. 2024. 85 f. Monografia (Licenciatura em Ciências de Informação Geográfica) – Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, 2024. Disponível em: <http://monografias.uem.mz/bitstream/123456789/3889/1/2024%20-%20Sitoe%2C%20J%C3%A9ssica%20Elisa%20Joaquim.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2025.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 1.177, de 21 de junho de 1971**. Dispõe sobre aerolevantamentos no território nacional, e dá outras providências. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, p. 4698, 21 jun. 1971. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/del1177.htm. Acesso em: 10 dez. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial: RBAC-E nº 94**: aeronaves não tripuladas de uso civil. Brasília, DF: ANAC, [2021]. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/regulamentos/regulamentos-em-vigor/rbace-94/@download/anexo/RBAC-E-94-EMD-05.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **SISANT**: Sistema de cadastro de aeronaves não tripuladas. Brasília, DF: ANAC, [2017]. Disponível em: <https://sistemas.anac.gov.br/sisant>. Acesso em: 10 dez. 2025.

COMANDO DA AERONÁUTICA (Brasil). DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). **Instrução do Comando da Aeronáutica**: ICA 100-40: uso de aeronaves não tripuladas (A.NT). Rio de Janeiro: DECEA, [2022]. Disponível em: <http://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/ica-100-40-uso-de-aeronaves-nao-tripuladas>. Acesso em: 10 dez. 2025.

FARIA, Karine Cristina de; RIBEIRO, Kátia Daniela. Declividade média do terreno determinada por diferentes métodos. **Revista Foco**, Curitiba, v. 18, n. 2, e7639, p. 01-24, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v18n2-014>. Acesso em: 17 jan. 2026.

SILVA, Daniel Carneiro da. Evolução da fotogrametria no Brasil. **Revista Brasileira de Geomática**, Pato Branco, v. 3, n. 2, p. 81-96, jul./dez. 2015. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo/article/view/5467>. Acesso em: 17 jan. 2026.