

LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTICO EM TRECHOS DE VEGETAÇÃO

PLANIALTIMETIC SURVEY IN VEGETATION STRETCHES

Henrique Souza Ferreira Gomes¹

Eduardo Barreto Ribas²

Recebido em: 30.05.2023

Aprovado em: 12.07.2023

Resumo: Desde o começo dos tempos o homem sempre necessitou conhecer o meio em que vive, por questões variadas, indo desde a sobrevivência. Durante este trabalho dissertaremos a respeito da implementação do sistema LiDAR ao qual apresenta sua própria fonte de energia, neste caso, uma fonte de luz, o laser, a qual emite radiação eletromagnética em ondas curtas um método direto na captura de dados e classificado como um sensor ativo. A questão problema do trabalho gira em torno de esclarecer quais são as vantagens para o levantamento planialtimétrico em área de vegetação usando Drone com o sistema LiDAR embarcado e comparando com os métodos tradicionais de topografia. Com o objetivo geral de estudar, verificar e demonstrar os resultados do levantamento topográfico realizado por Drone com o sistema LiDAR embarcado em área de vegetação comparando com o método tradicional de topografia, e os objetivos específicos de, apresentar o procedimento para levantamento planialtimétrico tradicional com o uso de Estação Total e com o Drone com o sistema LiDAR embarcado, analisar os levantamentos topográficos por Drone com o sistema LiDAR embarcado e pelo método convencional de topografia Estação Total e demonstrar a precisão do levantamento topográfico realizado por Drone

¹ Discente da Faculdade de Engenharia de Minas Gerais.

² Revisor. graduação em Engenharia de Agrimensura pela Faculdade de Engenharia de Agrimensura Minas Gerais (1980), especializações em Topografia e em Cartografia pelo CEFET-MG e mestrado pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (1999). professor de Topografia no curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura - EAD da FEAMIG Conselheiro da Câmara Especializada de Agrimensura do CREA-MG, mandato de 2023 a 2024.

com o sistema LiDAR embarcado. Ao final do trabalho busca-se perceber a grande importância desse método para demonstrar a viabilidade do sistema LIDAR para reduzir o tempo e trabalho dos profissionais.

Palavras-chave: levantamentos topográficos; sistema LiDAR; levantamento planialtimétrico.

Abstract: Since the beginning of time, man has always needed to know the environment in which he lives, for various reasons, ranging from survival. During this work we will talk about the implementation of the LiDAR system which presents its own source of energy, in this case, a light source, the laser, which emits electromagnetic radiation in short waves a direct method in data capture and classified as a active sensor. The problem of the work revolves around clarifying what are the advantages for the planialtimetric survey in a vegetation area using a Drone with the embedded LiDAR system and comparing it with traditional topography methods. With the general objective of studying, verifying and demonstrating the results of the topographic survey carried out by Drone with the LiDAR system embarked in a vegetation area, comparing with the traditional method of topography, and the specific objectives of, presenting the procedure for traditional planialtimetric survey with the use of Total Station and with the Drone with the on-board LiDAR system, to analyze the topographic surveys by Drone with the on-board LiDAR system and by the conventional method of Total Station topography and demonstrate the accuracy of the topographic survey carried out by Drone with the on-board LiDAR system. At the end of the work, we seek to realize the great importance of this method to demonstrate the viability of the LIDAR system to reduce the time and work of professionals.

Keywords: topographic surveys. LiDAR system. planialtimetric survey.

1 INTRODUÇÃO

Desde o começo dos tempos o homem sempre necessitou conhecer o meio em que vive, por questões variadas, indo desde a sobrevivência, até a orientação, podendo destacar a utilização destes conhecimentos durante o período em que as grandes navegações começaram a ser a principal forma de comércio. A representação do espaço baseava-se na observação e descrição do meio, cabendo salientar que alguns historiadores dizem que o homem já fazia mapas antes mesmo de desenvolver a escrita.

Em todos os setores da engenharia civil a topografia se faz necessária no início de qualquer projeto, pois é a partir da mensuração e detalhamento da área a ser construída que se obtém a delimitação, as dimensões e as condições da mesma, seja na construção de edifícios, estradas, aeroportos entre outros (PITTELLA; SALBEGO, 2014).

Para toda técnica existem diversas vertentes de atuação, desde as mais tradicionais até as mais tecnológicas é exigido um processo de adequação e aplicabilidade de cada uma na situação fática em que é utilizado. Deste modo, em todo projeto, recomenda-se analisar todas as possibilidades de execução das atividades e dos equipamentos possíveis de serem utilizados, além de considerar o custo da execução, o tempo empregado, a disponibilidade do material e a facilidade para elaboração do levantamento, isto é possível averiguar no escopo do projeto para tomar uma decisão mais assertiva de qual é o melhor método a ser utilizado.

O levantamento topográfico consiste na elaboração de uma planta da área a partir de informações medidas no terreno, sendo essas, divisas, distâncias e diferenças de nível, o mesmo é um processo executado por um topógrafo, sendo um trabalho que serve de base para a realização dos demais projetos (NAKAMURA, 2013). Assim, temos que o levantamento topográfico foi um salto para o desenvolvimento das plantas da área, vez que através dos métodos atuais, consegue-se ter a precisão exata, declínios do terreno, depressões, as quais precisam ser pontuados no desenvolvimento dos projetos.

Atualmente os novos requisitos que o mercado global exige com que cada vez mais necessite-se de maior rapidez na angariação e manuseio de dados dos espaços e

superfícies, descrevendo o relevo, apresentando planos e calculando volumes mais rapidamente. Isto traz maior praticidade e segurança. Analisando por este ponto de vista, o levantamento topográfico surge como um aparato crucial para a execução de várias formas diferenciadas de tarefas e serviços da engenharia como um todo. A apresentação de dados e medições respeitantes as superfícies e o cálculo de seus volumes, concomitantemente executado com a exposição dos relevos acha-se hoje mais lapidada e resguardada. (PINTO, 2012).

De acordo com, Comastri (1977), a planialtimetria, tem por finalidade a determinação, no terreno, dos dados necessários à representação em plano horizontal, da forma e da posição relativas de todos os acidentes que nele se encontram, comportando, assim, a medida de ângulos e distâncias referidas àquele plano e não se levando em considerando o relevo.

O levantamento planialtimétrico, é um tipo de levantamento topográfico que gera um mapeamento completo de uma área, sendo seu resultado é uma planta topográfica com todas as dimensões do terreno. Tanto a posição do norte e as medidas planas quanto os ângulos e níveis (inclinações) de uma área urbana, industrial ou rural podem ser identificadas e medidas através desse método. Cumpre ressaltar que estes levantamentos são necessários para a realização de qualquer projeto de construção civil, uma vez que é possível uma melhor visualização dos acidentes geográficos e outras características presente no relevo.

Considerando a diversidade de tipos de vegetação e que cada terreno desses apresenta um tipo de característica, o projeto científico consiste na utilização de veículos aéreos não tripulados (Drone) com o sistema LiDAR embarcado com apoio topográfico com GPS Geodésico e Estação Total, e fazer uma análise comparativa e qualitativa entre os métodos de levantamento planialtimétrico, tradicionais de topografia versus sistema LiDAR com Drones embarcado para otimização desse processo, em que, foi desenvolvida uma metodologia aplicada para incrementar a precisão do levantamento planialtimétrico da área de vegetação. Assim, é possível de chegar a resultados equivalentes ou mais precisos do que o método tradicional de topografia que é o uso de Estação total e GPS geodésico.

Os levantamentos planialtimétricos são fundamentais para a visualização de acidentes geográficos, e outras características sobre a superfície do relevo, uma vez

que evidencia superfícies íngremes e planas, características essas fundamentais nas atividades de planejamento do uso desta superfície nos mapeamentos topográficos.

A elaboração de mapas planialtimétricos relacionados às áreas agrícolas e urbanas é fundamental, pois podem constituir um elemento básico das características do relevo, na sua utilização pode-se destacar o planejamento de atividades, uso do solo e suas capacidades de uso, elaborar práticas conservacionistas e prevenção de riscos.

Atualmente tem-se verificado diversas formas para a aplicação desta técnica, ocorre que no levantamento planialtimétrico em área de vegetação, uma das técnicas utilizadas para levantamentos topográficos e elaboração de modelos digitais é o LIDAR, este consiste em uma técnica de detecção remota que consiste na medição das propriedades da luz refletida em objetos distantes, podemos também dizer que, consegue medir distâncias através da luz. Com esta capacidade de medir distâncias, é possível criar modelos tridimensionais da superfície da terra.

Com isso, a questão problema do trabalho gira em torno de esclarecer quais são as vantagens para o levantamento planialtimétrico em área de vegetação usando Drone com o sistema LiDAR embarcado e comparando com os métodos tradicionais de topografia?

Este estudo consiste em estudo descritivo, pois o objetivo deste trabalho é diferenciar o levantamento planialtimétrico quando utilizado da topografia convencional e do Drone com o sistema lidar embarcado, desta forma, descrevendo todo o trabalho realizado, assim, como todos os métodos utilizados para a resposta de cada cálculo, será possível chegarmos a possível solução do problema. Além da pesquisa de campo, pois além dos dados a serem coletados através dos equipamentos já mencionados, será realizado um estudo bibliográfico, podendo aprofundar o estudo de levantamento topográfico planialtimétrico em área de vegetação comparando o uso do Drone com o sistema LiDAR embarcado e topografia convencional utilizando Estação Total, de um modo geral.

Cabe esclarecer, ainda, que a pesquisa de campo permitirá a seleção da área de vegetação a ser levantada, utilizando-se em primeiro momento da Estação Total para a captura dos pontos, sendo realizado através do método de poligonação e

irradiação de pontos, fazendo a varredura dos elementos de interesse coletando informações de ângulos e distâncias. Em segundo momento, utiliza-se do drone com o sistema LiDAR embarcado para a coleta de todos os dados necessários para o comparativo.

Assim, com todos os dados coletados, com auxílio da pesquisa de campo e bibliográfica, será possível ter um aprofundamento dos objetivos propostos, chegando a resultados que possibilitam a desenvolver o trabalho, a fim de chegar a uma resposta para o problema proposto no presente trabalho.

O Objetivo geral do trabalho visa estudar, verificar e demonstrar os resultados do levantamento topográfico realizado por Drone com o sistema LiDAR embarcado em área de vegetação comparando com o método tradicional de topografia. Afim de alcançar este objetivo principal, tem-se como objetivos específicos, apresentar o procedimento para levantamento planialtimétrico tradicional com o uso de Estação Total e com o Drone com o sistema LiDAR embarcado, analisar os levantamentos topográficos por Drone com o sistema LiDAR embarcado e pelo método convencional de topografia Estação Total e demonstrar a precisão do levantamento topográfico realizado por Drone com o sistema LiDAR embarcado.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Conceito de levantamento planialtimétrico

A Topografia é uma disciplina da Geodesia que na sua concepção clássica ocupa-se da representação local de uma parcela da superfície terrestre, sobre a qual o efeito da curvatura terrestre é considerado desprezível (definição de campo topográfico). Contudo, atualmente o desempenho desta disciplina é um pouco mais vasto face às técnicas e metodologia por ela empregue; cite-se o apoio à construção civil no âmbito de grandes obras de engenharia - pontes, barragens, linhas férreas, etc., bem como, a topografia industrial e mineira.

Definida tradicionalmente como a disciplina que se ocupa da arte de representar, de maneira minuciosa, o terreno localmente, isto é, numa dada vizinhança da superfície terrestre (CASACA, MATOS e DIAS, 2007), diz-se, também, que a topografia é uma ciência que estuda o conjunto de procedimentos para determinar as posições relativas dos pontos sobre a superfície da terra e abaixo da mesma, mediante a

combinação das medidas segundo os três elementos do espaço: distância, elevação e direção (FRANÇA, 2018).

De acordo com a ABNT (1994), o levantamento topográfico é definido como:

O conjunto de métodos e processos que, através de medições de ângulos horizontais e verticais, de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, com instrumental adequado à exatidão pretendida, primordialmente, implanta e materializa pontos de apoio no terreno, determinando suas coordenadas topográficas. A estes pontos se relacionam os pontos de detalhe visando a sua exata representação planimétrica numa escala pré-determinada e à sua representação altimétrica por intermédio de curvas de nível, com equidistância também predeterminada e/ou pontos cotados.

Em outras palavras, o levantamento topográfico é a medição e a representação feita em planta ou carta de todas as características da superfície de um terreno, se fazendo importante para o planejamento de uma obra, sendo este o primeiro passo para adquirir um terreno.

Os levantamentos topográficos são extremamente úteis não apenas para engenheiros e arquitetos, mas também para proprietários, empresas, instituições públicas e construtoras, uma vez que com os dados coletados é possível elaborar projetos eficientes, sem desperdício de materiais e serviços. Além disso, no caso da construção de um prédio ou criação de loteamento, é necessário analisar a planta do levantamento para verificar se o empreendimento desejado será possível de implantar no imóvel pretendido.

Atualmente a disponibilidade de equipamentos de medição topográfica (estação total e receptores GNSS) conduzem as organizações militares e civis para a execução de levantamento topográfico convencional, com obtenção das coordenadas posicionais das edificações e do terreno através de medição ponto a ponto de todos os elementos que caracterizam o espaço ocupado. Segundo Coelho Júnior (2014), por meio de levantamento topográfico é possível coletar todos os dados e características importantes do terreno de uma determinada área, para posterior representação em escala adequada e com orientação de todos os detalhes naturais e artificiais que foram levantados.

A Norma Brasileira de Execução de Levantamento Topográfico (NBR 13133), apresenta a definição de levantamento topográfico como sendo um conjunto de métodos e processos que, através de observações de ângulos (horizontais e

verticais) e de distâncias (horizontais, verticais e inclinadas) e com instrumental compatível à precisão pretendida, primordialmente, implanta-se e materializa-se pontos de apoio no terreno, determinando suas coordenadas topográficas, visando a sua exata representação planimétrica numa escala pré - determinada e à sua representação altimétrica por intermédio de curvas de nível, com equidistância também pré-determinada e/ou pontos cotados (ABNT, 1994)

Tendo em vista a redução do custo de equipamentos e a crescente procura pelo levantamento aerofotogramétrico, aliado ao aumento da área de cobertura por satélites e com isso a maior disponibilização dos dados de modelos digitais de terreno (MDT) em áreas de interesse, nos deparamos cada vez mais com diferentes processos de obtenção de dados topográficos, onde antes contávamos apenas com a topografia convencional.

Os equipamentos utilizados na topografia, ao longo dos anos, se tornaram acessíveis aos profissionais do ramo da topografia, equipamentos como estações totais, e principalmente, aparelhos de GPS (Sistema de Posicionamento Global). O GPS é um sistema de geoposicionamento através de satélites artificiais baseados na transmissão e recepção de ondas de radiofrequência captadas por receptores GPS, obtendo posicionamento na superfície terrestre (ROCHA, 2004).

Nos últimos anos a evolução dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT1) demonstra a possibilidade de realizar o levantamento planialtimétrico utilizando a fotogrametria digital para obtenção do modelo digital do terreno que definirá a altimetria e métodos de restituição fotogramétrica para a vetorização dos elementos planimétricos.

Os levantamentos planialtimétricos são fundamentais para a visualização de acidentes geográficos, e outras características sobre a superfície do relevo evidenciado superfícies íngremes e planas, tais características fundamentais nas atividades de planejamento do uso desta superfície nos mapeamentos (BORGES, 1992). Segundo VEIGA et al. (2007), a planimetria nos remete à determinação de posicionamento em um plano, utilizando um sistema de coordenadas cartesiano (coordenadas X e Y), já a altimetria tem como objetivo nos indicar a cota de um ponto (altura ou coordenada Z). A representação dessas informações em uma planta, carta ou mapa, origina o chamado levantamento planialtimétrico (ou planta

planialtimétrica), que tem por finalidade fornecer o maior número possível de informações da superfície representada para efeitos de estudo, planejamento e viabilização de projetos (BRANDALIZE, 2009).

Dentre as diversas finalidades desta espécie de levantamento topográfico, GARCÍA E PIEDADE (1984 citado por BRANDALIZE, 2009) ressaltam que a planta planialtimétrica é utilizada para escolher o melhor traçado e locação de estradas, implantação de linhas de transmissão e dutos em geral, serviços de terraplanagem, construção de açudes barragens e usinas, planejamento urbano, peritagem e outros. A sondagem para o levantamento em questão pode ser feita de maneiras distintas, dependendo de fatores como o tipo de relevo, e materiais disponíveis. Neste estudo de caso, utilizaremos o levantamento planialtimétrico por irradiação (ou método da irradiação taqueométrica) utilizando um teodolito eletrônico como instrumento base de medição indireta de distâncias e de ângulos.

No campo da atualidade topográfica a disponibilidade e com a necessidade crescente de equipamentos com maior operacionalidade, surge às estações totais robotizadas (ETRs), tais equipamentos realizam a medição eletrônica de distâncias sem a utilização de prismas de reflexão total e assim realiza o reconhecimento automático de alvos, permitindo desta forma, maior produtividade nos levantamentos, e como consequência maior a sua precisão e acurácia, ao tomar a visada para alvos praticamente independentes do operador (GRANEMANN, 2005 e ZOCOLLOTTI, 2005).

Algumas estações totais robotizadas podem realizar uma série de medidas com incrementos angulares e regulares, em determinados trabalhos definindo dois ângulos horizontais e dois ângulos verticais, levando em consideração a disponibilidade de ferramentas e técnicas de triangulação, irradiação, poligonação e triangulação nos levantamentos topográficos estáticos (FRIEDMANN e VEIGA, 2010).

Através da introdução das estações totais robotizadas, houve uma grande mudança nos levantamentos topográficos, pois com algumas técnicas de posicionamento no plano com GNSS, o uso de RTK (Real time Kinematics) é possível que tal alvo ou objeto no campo a ser levantado esteja em movimento, desta forma ocasionando maior operacionalidade aos serviços topográficos (FRIEDMANN e VEIGA, 2010).

A tecnologia Global Navigation Satellite System (GNSS) engloba os sistemas de posicionamento global de satélites e determina a posição de um ponto em um sistema de coordenadas geográficas. Entre as tecnologias que empregam o sistema GNSS está o Real Time Kinematic (RTK). O RTK é um sistema que permite a correção imediata das observações. As informações são tratadas simultaneamente com o momento do levantamento dos dados. É a ação em "tempo real", o que resulta em obtenção de dados com maior rapidez. Este trabalho avalia a potencialidade do sistema RTK em levantamentos de cotas altimétricas para a realização de curvas de nível (MELO et al., 2011)

Por conseguinte, essa medição completa e o documento topográfico gerado são essenciais para a execução de projetos das mais diversas áreas, com as medidas exatas de uma área, é possível projetar casas, edifícios, estradas, pontes, estações de tratamento de esgoto, complexos industriais e barragens.

2.2 Topografia em áreas de vegetação

O ser humano, para suprir suas necessidades e anseios, faz uso da natureza, retirando dela materiais de consumo, como alimentos, minérios e pedras, combustível fóssil, madeira e seus derivados. É necessário que se faça o uso racional e o manejo sustentado dos recursos naturais renováveis e se adotem medidas de recuperação das áreas degradadas, exploradas inadequadamente (GLUFKE, 1999). A preocupação em recuperar áreas degradadas está ligada a fatores como recomposição da paisagem, conservação de recursos hídricos, fixação e conservação da fauna e da flora, preservação das encostas, contenção da erosão, prevenção do assoreamento dos cursos d'água e cumprimento da legislação ambiental vigente (GLUFKE, 1999).

A compreensão dos padrões de distribuição da biodiversidade tem sido objeto crescente de estudos na literatura, apresentando enfoques bastante diversificados em cada área de atuação, parte deste interesse vem da percepção de que a compreensão destes padrões possibilitará o melhor manejo e conservação dos recursos naturais, subsidiando maneiras de preservar a biodiversidade em escala local (Cox and Moore 2014). Assim, a distribuição das espécies e os padrões de organização biológica estão intimamente relacionados às características e a complexidade estrutural do ambiente, como heterogeneidade ambiental, qualidade

do habitat, tipo e quantidade de zonas de contato entre as formações (Pires et al. 2014).

Cada bioma é diferenciadamente afetado pelos fatores ambientais, e estes contribuem para diversidade e estrutura do ambiente (W. A. Hoffmann 2005; Scariot, Felfilli, and Sousa-Silva 2005; William A. Hoffmann and Franco 2008), como por exemplo, para áreas de Cerrado fatores como a profundidade efetiva do solo, drenagem, presença de concreções no perfil, profundidade do lençol freático, fertilidade do solo (Eiten 1972; Scariot, Felfilli, and Sousa-Silva 2005); além de precipitação, ocorrência de fogo e perturbações antrópicas (William A. Hoffmann et al. 2009; Oliveira-Filho, Ratter, and Shepherd 1990); são os mais relevantes, já para a Floresta Amazônica a precipitação, disponibilidade hídrica, a produção de serapilheira e a ciclagem de nutrientes, são fatores determinantes para a abundância e distribuição das plantas, se tornando fatores seletivos nestes ambientes onde é baixa a disponibilidade hídrica e nutricional (Farquhar and Sharkey 1982; William A. Hoffmann and Franco 2008).

Outro fator a ser destacado são as diferenças no relevo, na origem e tipos de solos podem influenciar na distribuição dos nutrientes no solo. Assim solos de áreas mais altas e íngremes apresentariam maior remoção de sedimentos, causado pelo vento e chuva, que escoaria para as áreas mais baixas e planas onde se acumularia, influenciando assim nas propriedades do solo (Fescenko, Nikodemus, and Brūmelis 2014).

O ser humano, para suprir suas necessidades e anseios, faz uso da natureza, retirando dela materiais de consumo, como alimentos, minérios e pedras, combustível fóssil, madeira e seus derivados. É necessário que se faça o uso racional e o manejo sustentado dos recursos naturais renováveis e se adotem medidas de recuperação das áreas degradadas, exploradas inadequadamente (GLUFKE, 1999).

A preocupação em recuperar áreas degradadas está ligada a fatores como recomposição da paisagem, conservação de recursos hídricos, fixação e conservação da fauna e da flora, preservação das encostas, contenção da erosão, prevenção do assoreamento dos cursos d'água e cumprimento da legislação ambiental vigente (GLUFKE, 1999).

A importância da agricultura é, assim, indiscutível, pois é a partir dela que se produzem os alimentos e os produtos primários utilizados pelas indústrias, pelo comércio e pelo setor de serviços, tornando-se a base para a manutenção da economia mundial, sendo a altimetria um processo de levantamento topográfico ou nivelamento, que determina as curvas de nível ou distâncias verticais entre dois ou mais pontos. A altimetria mensura as alturas, tendo uma superfície por referência.

A medição e conhecimento a respeito do solo tem assim importância central na agricultura, indo desde a identificação de áreas com potencial mecanizável, pelos mapas de altimetria aos quais permitem essa identificação sobretudo para áreas de culturas como cana-de-açúcar, grãos, cereais, algodão, entre outras, o planejamento de estradas e talhões, por meio dos mapas é possível encontrar áreas de baixada que são, portanto, locais onde a construção de estradas devem ser evitadas, além de encontrar as distâncias ideais para o trabalho das máquinas, os mapas de altimetria identificam o nível de inclinação, permitindo entender áreas que o capotamento das máquinas seja provável, levando a evitar percorrer tais áreas.

Na agricultura, também está relacionada ao processo de erosão, já que, por meio das mensurações, é possível identificar as características de que queda e declive dos terrenos. Identificando o nível de queda, é possível realizar ações para evitar os malefícios de escorrimientos que afetam as produções agrícolas.

O ser humano, para suprir suas necessidades e anseios, faz uso da natureza, retirando dela materiais de consumo, como alimentos, minérios e pedras, combustível fóssil, madeira e seus derivados. É necessário que se faça o uso racional e o manejo sustentado dos recursos naturais renováveis e se adotem medidas de recuperação das áreas degradadas, exploradas inadequadamente (GLUFKE, 1999).

A preocupação em recuperar áreas degradadas está ligada a fatores como recomposição da paisagem, conservação de recursos hídricos, fixação e conservação da fauna e da flora, preservação das encostas, contenção da erosão, prevenção do assoreamento dos cursos d'água e cumprimento da legislação ambiental vigente situações nas quais podem ser facilmente identificadas e solucionadas através do levantamento planialtimétrico (GLUFKE, 1999).

De acordo com Reis, Zambonin e Nakazono (1999), uma determinada área que sofreu impacto de forma a impedir ou diminuir drasticamente sua capacidade de retornar ao estado original, por intermédio de seus meios naturais, é denominada área degradada. A capacidade de regeneração natural chama-se resiliência ambiental. Por sua vez, Kageyama e Reis (1994) consideram área degradada aquela que, após distúrbio, teve eliminado seus meios de regeneração natural, não sendo, portanto, capaz de se regenerar sem a interferência antrópica. Declaram ainda que área perturbada é aquela que sofreu distúrbio, mas manteve meios de regeneração biótica.

A produtividade agrícola é diretamente afetada por problemas bastante comuns e que, por vezes, podem ser evitados, sobretudo com o auxílio da planialtimetria, uma vez que está técnica de levantamento é importante para combater tais problemas sobretudo porque há uma exigência de tomada de decisão no momento certo para evitar consequências negativas maiores.

Um problema que surge com bastante frequência está relacionado às erosões que ocorrem em terrenos em que há grande declive, fazendo com que a água da chuva escoe em alta velocidade, levando muitos importantes nutrientes, abrindo sulcos no solo e até mesmo retirando sementes recém-plantadas.

Neste contexto o levantamento planialtimétrico, ocupa também um lugar primordial para a tomada de decisões no âmbito de terrenos com vegetação, de forma que a sua utilização minimiza diversos riscos que possam ocasionar a perda de determinada plantação ou até mesmo a erosão do solo.

2.3 Sistema Laser Scanning

O sistema de varredura laser (laser scanning) aerotransportado é tido como um método para a determinação de coordenadas tridimensionais de pontos na superfície da terra, conforme conceituado por Centeno:

O sistema laser Scanner é projetado para a obtenção das coordenadas tridimensionais de pontos de uma superfície, além do registro das dimensões, da cor natural e textura dos objetos alvos e das intensidades dos pulsos laser refletidos de milhares de pontos por segundo (CENTENO; MITISHITA,2007).

O funcionamento do sistema laser scanner, se baseia na utilização de um pulso de laser que é disparado na direção da superfície, após atingir esta superfície, parte do sinal emitido é refletida na direção do sensor. Com isso, o sensor mede tanto a intensidade do sinal de retorno, como também o tempo decorrido entre a emissão e a captação do retorno, que é usado para calcular a distância sensor-objeto, considerando que o pulso laser se propaga à velocidade da luz (Baltsavias, 1999).

Fisicamente, o sistema Laser Scanner Aerotransportado é constituído por um Sensor Lazer, uma Câmera fotográfica métrica digital, um Receptor GPS Geodésico L1/L2 (a bordo da aeronave), dois Receptores GPS Geodésicos L1/L2 (em solo) e um Notebook para controle do sistema aerotransportado e Desktops para processamento dos dados. Fazem parte também do sistema softwares específicos de controle dos trabalhos de campo e para tratamento de dados.

Com base na distância entre o sensor e a superfície da terra e a orientação do raio, é determinada a posição tridimensional do local de onde o raio é refletido. Como a varredura é efetuada a partir da aeronave, junto com a superfície do terreno outros objetos acima da mesma, como a copa das árvores e telhados, são medidos. Estes tipos de sistemas também são chamados de LIDAR (Light Detection And Ranging).

O cálculo para determinar a posição de cada ponto, se dá através do registro do instrumento, que além de calcular a distância também determina o tempo, a orientação do sensor no instante da emissão/registo do pulso e a posição exata da aeronave que carrega o sensor.

O sistema de varredura laser pode ser então dividido em três componentes principais: a unidade de medição a laser, encarregada de emitir e receber o sinal laser, um sistema de varredura e uma unidade de registro de medições de apoio. O conjunto de medições de apoio, os dados do IMU e do GPS diferencial são medidos e armazenados simultânea e paralelamente à medição da distância pelo sistema laser.

A determinação da distância pode ser efetuada com precisão menor a 10 centímetros, mas a precisão da determinação da posição do ponto depende do desempenho dos sistemas de apoio. Tipicamente, precisão planimétrica da ordem

de 50 centímetros é encontrada, enquanto a precisão altimétrica está na ordem de 10 a 15 centímetros.

2.4 Levantamento planialtimétrico em trechos de vegetação

Segundo Loch (2000), a topografia consiste no conhecimento dos instrumentos e métodos os quais têm por finalidade determinar o contorno, dimensão e posição relativa de uma porção limitada da superfície terrestre, sem considerar a curvatura resultante da esfericidade terrestre. Nessas condições, pode-se, sempre, figurar em um plano a imagem da região considerada, o que equivale a projetar sobre esse plano, que se supõe horizontal, não somente os limites da superfície a ser representada, mas, também, todas as particularidades notáveis, naturais ou artificiais do terreno.

Para tal, faz-se necessário um levantamento que se incumbe de proceder a todas as operações necessárias para alcançar os objetivos da topografia, isto é, a medição de ângulos e distâncias e a execução dos cálculos e desenhos indispensáveis para representar, fielmente em planta, os elementos colhidos no terreno. Essa representação gráfica, na qual é mantida uma relação constante (escala) entre as dimensões gráficas e as respectivas dimensões do terreno e onde aparecem os acidentes topográficos de interesse, figurado por convenções, denomina-se planta topográfica (LOCH, 2000).

O presente trabalho desenvolveu-se em uma área localizada no município de Rio Novo do Sul/ES, as coordenadas UTM, que se referem à Universal Transversa de Mercator, constam na figura abaixo.

Figura 1 - Coordenadas UTM da área localizada no município de Rio Novo do Sul/ES



Para a realização desses levantamentos topográficos na fase inicial de execução das medições, utilizou-se em paralelo à implantação dos marcos referenciados e dos alvos, o sobrevoo com o Drone Phantom 4 Pró e o Drone Matrice 600 Pro em conjunto com o Laser LiDAR IT Explorer R foi realizado ao longo da área de estudo.

Figura 2 - Drone Matrice 600 Pro com Sensor LIDAR IT Explorer R acoplado



A escolha da realização do levantamento topográfico empregando o uso de drones, faz com que seja possível realizar voos abaixo das nuvens, implicando numa distância menor entre a aeronave e o solo, ao contrário da aeronave tripulada e de

satélites, assim, os drones proporcionam maior detalhamento do solo gerando possibilidades e produtos únicos.

Desta forma, com a utilização de drones, pode-se abarcar o mapeamento e a fotometria, no mapeamento aéreo com drones mantem-se os pontos de controle em campo, porém organizados de maneira diferente. O processo usual na topografia convencional parte de dois pontos de coordenadas conhecidas, fazendo o caminhamento da poligonal, fechando em dois pontos com coordenadas familiares e através desses pontos são realizadas as irradiações, poligonal secundária e pontos auxiliares. Já no levantamento planialtimétrico com drones, os pontos de controle também são responsáveis por estimar a acurácia da altimetria dos produtos gerados do terreno, porém também cumprem o papel de “ligar” os dois modelos de levantamento, assim são dispostos de forma a cobrir toda área de interesse, inclusive na mudança no relevo.

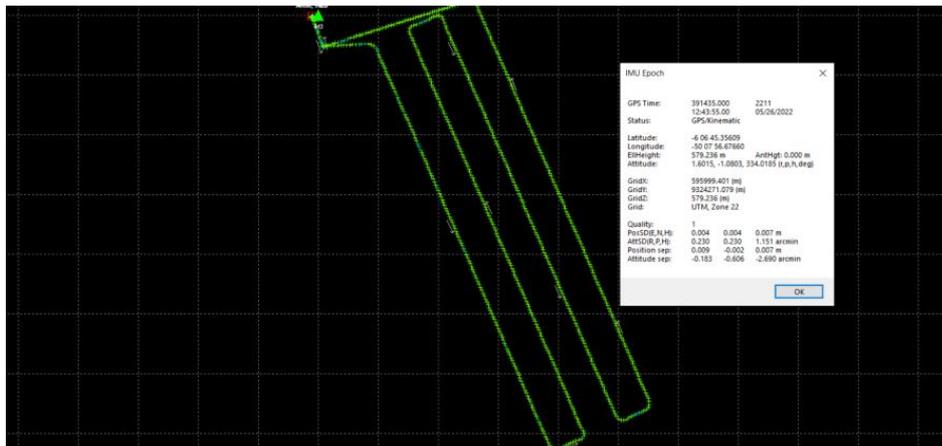
Na fase de processamento de imagens, os dados aos quais foram obtidos em campo através do Drone Phantom 4 Pro foram processados com o software Metashape®, sistema que permite processar imagens aéreas de drones e criar bases cartográficas de terrenos já mapeados. Os dados fotográficos obtidos passaram por um processo de correção de dados de GPS, a fim de otimizar os resultados e abarcar toda a área estudada, o Drone Phantom 4 Pro consiste em apoiar a planimetria para vetorização das interferências e a colorização da nuvem de pontos do laser LiDar para sua classificação.

Figura 3 - Dados do sobrevoo com o Drone Phantom 4 Pró e o Drone Matrice 600 Pro em conjunto com o Laser LiDAR IT



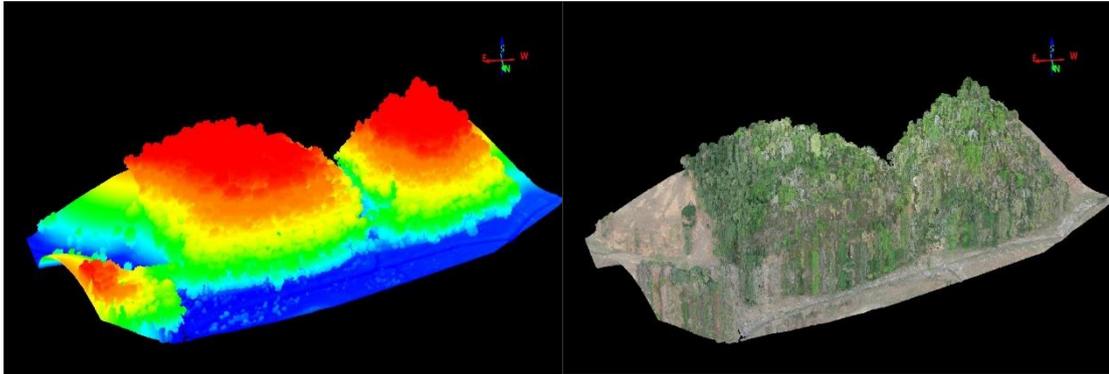
Já o sistema LIDAR é um laser pulsado, que dispara 320 mil pontos por segundo e a densidade dos pontos em média é de 71 pontos por metro quadrado (m^2). Os pulsos viajam do sensor até o objeto a ser detectado, uma vez que atinge a superfície do objeto parte do pulso retorna para o sensor, permitindo medir e obter a distância real que os objetos estão uns dos outros. O GPS e um IMU (Unidade de Medição Inercial) auxilia determinar a posição exata do laser no momento em que disparou o pulso de luz, dessa forma é possível medir o local onde o pulso atingiu o objeto. O sensor converte o tempo em distância, a partir da velocidade da luz. Após esse processo, o valor é associado às informações de posicionamento e processado pelo software LiDARIT Creator®.

Figura 4 - Dados do IMU (Unidade de Medição Inercial) que estabiliza a posição da nuvem de pontos



Os dados brutos do laser são processados pelo método diferencial utilizando informações da base de monitoramento contínuo do GPS. Na fase de processamento é possível a obtenção da nuvem de pontos de o sistema LIDAR, tendo como resultado do processamento a nuvem de pontos georreferenciada ao datum SIRGAS2000 e suas respectivas altitudes. Através do resultado é possível observar as coordenadas 3D do objeto em questão.

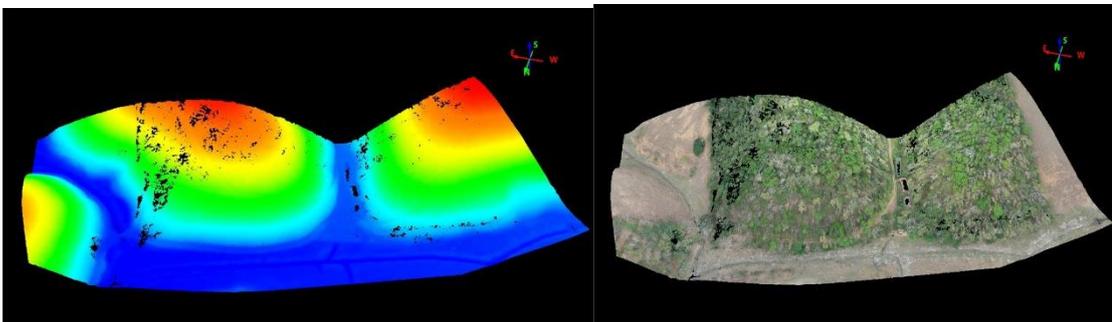
Figura 5 - Coordenadas 3D da área estudada



A etapa seguinte consiste na obtenção automática do Modelo Digital do Terreno (MDT), e a partir desses dados, ocorre o processo conhecido por ‘classificação’, que consiste na remoção virtual dos pontos de um Modelo Digital de Superfície.

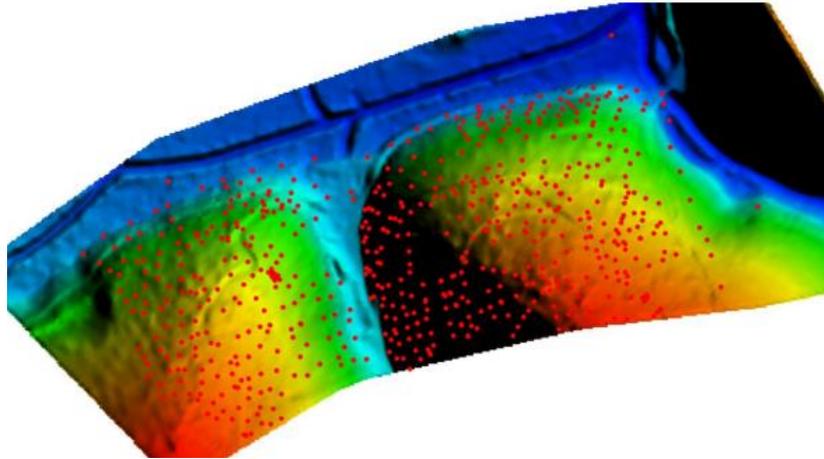
Na figura abaixo mostra a nuvem de pontos que penetraram no solo no trecho de vegetação.

Figura 6 - Modelo Digital de Terreno dos pontos que penetraram no solo no trecho de vegetação



A mesma área de vegetação no município do Rio Novo do Sul/ES foi levantada utilizando o equipamento de Estação Total, gerando a nuvem de pontos conforme demonstrada na figura *in verbis*.

Figura 7 - Nuvem de pontos levantamento convencional (Pontos na cor Vermelha) e MDT Sistema Lidar



Em seguida, foi feita a validação da nuvem de pontos de o sistema LIDAR em comparação com a nuvem de pontos coletados em campo pelo equipamento Estação Total. O resultado foi disposto em um relatório de saída comparativo, o qual mostra as coordenadas ('N', 'E', 'h' ponto) dos pontos de campo e coordenada 'h' laser interpolada e a diferença altimétrica entre os pontos de campo e os pontos laser.

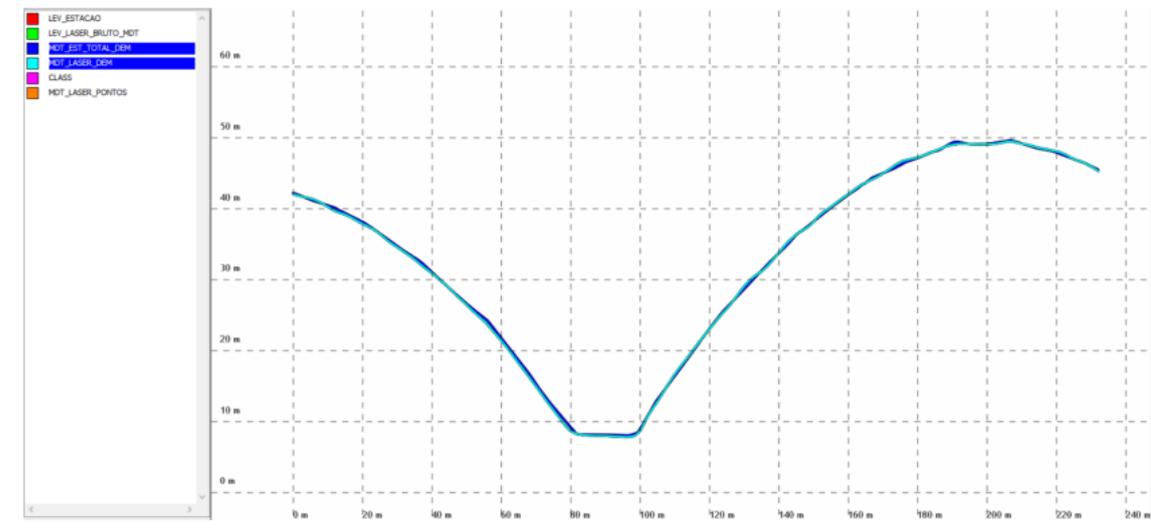
Figura 8 - Relatório de saída comparativo

Ponto	N	E	h ponto	h laser	Diferença (h ponto-h laser)
1	7695503,587	309487,048	23,406	23,540	-0,134
2	7695493,914	309459,643	32,147	32,140	0,007
3	7695489,371	309594,706	40,100	40,195	-0,095
4	7695504,910	309632,646	48,920	48,890	0,030
5	7695506,510	309642,012	48,653	48,630	0,023
6	7695426,015	309471,942	41,509	41,520	-0,011
7	7695496,099	309503,524	17,510	17,630	-0,120
8	7695487,286	309552,865	18,340	18,320	0,020
9	7695612,909	309643,951	7,640	7,580	0,060
10	7695518,175	309451,637	25,159	25,020	0,139
11	7695468,752	309434,824	38,987	38,900	0,087
12	7695528,738	309624,441	41,576	41,640	-0,064

Mínimo Z	0,007
Máximo Z	-0,134
Média Z	-0,005
Desvio-Padrão	0,084

Para comparar as duas metodologias, foi realizado o perfil longitudinal de ambas, a fim de demonstrar a compatibilidade entre o levantamento convencional com a utilização estação total e a utilização do sistema. LiDar.

Figura 9 - Perfil longitudinal comparando o Sistema Lidar e Estação Total



No que tange ao tempo de execução de cada técnica, o resultado final foi que, no levantamento convencional mais o processamento, foram gastos 06 (seis) dias úteis, já o levantamento com Laser mais o processamento, o tempo gasto foram de 03 (três) dias úteis.

Ao final da comparação dos pontos em campo dentro da vegetação foi possível observar a precisão altimétrica do sistema LiDAR, que resultou em aproximadamente em 0,005 m em comparação com o método tradicional de levantamento de levantamento utilizando o equipamento Estação Total. Em comparação a nuvem de pontos obtidas através dos dois equipamentos em campo, o equipamento LiDAR resultou em 20.010.015 pontos, sendo que 6.476.809 pontos penetraram no solo no trecho de vegetação, já o levantamento convencional feito com o equipamento Estação Total resultou em 625 Pontos, sendo o resultado final da área da comparação: 116.470,85 m² ou 11,6471 ha.

3 CONCLUSÃO

As representações do relevo podem contribuir nos estudos das diferentes características e interações da paisagem, como a distribuição espacial da rede de drenagem, tipos de solo, vegetação e geologia (EVANS, 2012). Para isto, existem técnicas que representam a superfície terrestre a partir de pontos com coordenadas planialtimétricas.

A superfície terrestre pode ser demonstrada através de uma planta topográfica, que tem como objetivo colocar em um papel as medidas horizontais e os desníveis de

uma porção de terra através de um levantamento planialtimétrico. Os métodos tradicionais e os com novas tecnologias para a execução de levantamentos planialtimétricos diferem-se ao considerar diversos fatores: tempo necessário para o levantamento, precisão obtida, produtos gerados, custo de equipamentos, entre outros.

O trabalho nos mostrou que a utilização de drones em conjunto com o sistema Lidar, ocasiona resultados precisos e facilitam no desenvolvimento de projetos nos trechos de vegetação, evidenciando cada acidente topográfico e terrenos não propícios para o plantio e cultivo. Os levantamentos topográficos com o uso de drones apresentam diminuição dos custos operacionais, diminuição de equipes em campo, maior velocidade na aquisição de dados em campo e facilidade na operação como vantagens em relação aos levantamentos tradicionais com o uso de Estação Total.

Portanto, um levantamento planialtimétrico com drones não substitui os equipamentos convencionais, cada método possui utilidades e aplicações eficazes que não se substituem e, em muitos casos, os métodos se complementam para gerar o produto final desejado.

Diante da pesquisa realizada, pode-se perceber a grande importância da realização do levantamento planialtimétrico utilizando-se sistemas modernos, estando esse ligado diretamente na qualidade de vida dos moradores que residem na cidade, e, a presença de um sistema cuja eficácia não é atingida, pode acarretar em vários problemas materiais quanto pessoais.

REFERÊNCIAS

- ALBERTO, Carlos. TECNOLOGÍA DRONE EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS. 2015. Dissertação (Bacharelado em Engenharia Civil) - Escuela de ingenieros militares, Bogotá, Colômbia. 2015. Disponível em: https://www.academia.edu/19589719/TECNOLOG%C3%8DA_DRONE_EN_LEVANTAMIENTOS_TOPOGR%C3%81FICOS?auto=download. Acesso em: 27 abril. 2023.
- Anais XIII. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 3645-3652.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.133: Execução de Levantamento Topográfico. Rio de Janeiro, 1994.

BUSNELLO, Fábio José; CONTE, Paulo Ricardo. LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO PLANIALTIMÉTRICO COM DIFERENTES MÉTODOS DE LEVANTAMENTO DE DADOS A CAMPO. uceff, Chapecó, v. 3, n. 2, p. 196-205, mai./2015. Disponível em: <https://uceff.edu.br/revista/index.php/revista/article/view/89>. Acesso em: 11 abr. 2023.

GIONGO, M. et al. LiDAR: princípios e aplicações florestais. Revista tecnológica, Colombo, v. 30, n. 63, p. 231-244, ago./2010. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/download/148/133>. Acesso em: 12 abr. 2023.

GRAHAM, Ron. KOH, Alexander. Digital Aerial Survey: Theory and practice. Whittles(2002). Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=5wnh7kVky4AC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Digital+aerial+survey:Theory+and+practice+pdf&ots=KjTb0OphhX&sig=9aPhNkM2GDUNBpl677eQ8AVp7Uc#v=onepage&q&f=false>. > Acesso em: 02 de abril de 2023.

LIMA, Gerson Oliveira; CALDEIRA, M. C. O. C. E. C. R. T. Análise comparativa entre métodos de levantamento planialtimétrico para elaboração do plano diretor da comissão regional de obras em Belém - PA. Revista Brasileira de Geomática, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 338-362, out./2020. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo>. Acesso em: 13 abr. 2023.

MONTELO, Aline Carlos; OLIVE, Caio César Rodrigues. Levantamento Planialtimétrico com o uso de drone. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO, 76p. 2021.

MROCHA TOPOGRAFIA. Tudo sobre o Levantamento Planialtimétrico. Disponível em: <https://mrochatopografia.com.br/blog/levantamento-planialtimetrico/#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20Levantamento%20Planialtim%C3%A9trico,todas%20as%20dimens%C3%B5es%20do%20terreno..> Acesso em: 1 abr. 2023.

VEIGA, Luis Augusto Koenig. ZANETTI, Maria Aparecida Zehnpfennig. FAGGION, Pedro Luis. Fundamentos de Topografia (Engenharia cartográfica e de Agrimensura) Universidade Federal do Paraná (2012). Disponível em: http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf >Acesso em: 02 de abril de 2023.