

INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS: AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE VARREDURA A LASER**TOPOGRAPHIC INSTRUMENTS: EVALUATION OF THE LASER SCANNING SYSTEM**Alam Batista de Oliveira¹Danilo Rodrigues de Freitas²Eduardo Barreto Ribas³Junio César dos Santos Carmo⁴*Recebido em: 20.10.2022**Aprovado em: 15.12.2022*

Resumo: O levantamento tridimensional de pontos terrestres é um problema clássico, que pode ser resolvido por diferentes métodos. O mais antigo é o levantamento direto, com medição de distâncias e direções usando instrumentos topográficos. Essa técnica foi alcançada com a introdução de telêmetros e pescadores eletrônicos, dispositivos integrados que são tradicionalmente conhecidos como estações totais. O medidor a laser foi bastante aprimorado e passou a medir distâncias sem a necessidade de refletor, permitindo determinar as coordenadas a longas distâncias sem tocar no objeto. Este artigo busca avaliar a precisão do método de scanner 3D, seus pontos

¹ Discente do curso de Engenharia Cartográfica e Agrimensura.

² Discente do curso de Engenharia Cartográfica e Agrimensura.

³ 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 Conselho da Câmara Especializada de Agrimensura do CREA-MG, mandato de 2023 a 2024.

⁴ Revisor. Mestre em Engenharia e Gestão de Processos e Sistemas pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC - MG), com cursos isolados no programa de pós-graduação stricto sensu em Cartografia e Modelagem Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Pós-graduado em MBA em Gestão de Pessoas pela Faculdade Pitágoras em 2018. Graduado em Engenharia de Agrimensura pela Faculdade de Engenharia de Minas Gerais (FEAMIG) em 2015.

positivos e negativos, seu grau de precisão e exatidão nas análises, e suas contribuições para o mercado topográfico. Com o scanner 3D, e o uso de Drones, também conhecidos como VANT (Veículo aéreo não tripulado) esses dispositivos aéreos propiciam o deslocamento do scanner 3D, para que as áreas específicas sejam medidas e avaliadas, sem a presença humana no local. Além disso, a maturidade da tecnologia de controle de mecanismos de serviço, aplicada à instrumentação, garantiu o desenvolvimento de estações totais robóticas, que permitem a medição de pontos programados mesmo na ausência de operadores. Esta pesquisa foi feita com base nos métodos da pesquisa bibliográfica, a qual permite ao pesquisador ter um embasamento teórico sobre o fenômeno que está sendo pesquisado, possibilitando uma compreensão mais clara da pesquisa. Diante do exposto a problemática da pesquisa baseia-se no pressuposto que entre todos os instrumentos cartográficos os scanners 3D.

Palavras-chave: Instrumentos, Topográficos, Scanner, 3D.

Abstract: The three-dimensional survey of terrestrial points is a classic problem, which can be solved by different methods. The oldest is direct surveying, measuring distances and directions using topographic instruments. This technique was achieved with the introduction of electronic rangefinders and anglers, integrated devices that are traditionally known as total stations. The laser gauge has been greatly improved and now measures distances without the need for a reflector, allowing you to determine coordinates at long distances without touching the object. This article seeks to evaluate the accuracy of the 3D scanner method, its positive and negative points, its degree of precision and accuracy in the analysis, and its contributions to the topographic market. With the 3D scanner, and the use of Drones, also known as UAV (Unmanned Aerial Vehicle) these aerial devices provide the displacement of the 3D scanner, so that specific areas are measured and evaluated, without human presence on site. In addition, the maturity of service mechanisms control technology, applied to instrumentation, has ensured the development of robotic total stations, which allow the measurement of programmed points even in the absence of operators.

This research was based on the methods of bibliographic research, which allows the researcher to have a theoretical basis on the phenomenon being researched, enabling a clearer understanding of the research. Given the above, the research problem is based on the assumption that among all cartographic instruments, 3D scanners.

Keywords: Instruments, Topographic, Scanner, 3D.

1 INTRODUÇÃO

A Geodésia, ciência que estuda toda ou parte da Terra, é dividida em três: Geodésica Física, Geométrica e Geodésica Satélite. A topografia é um ramo da geodésia, e as duas ciências frequentemente estudam os mesmos métodos, usando as mesmas ferramentas para determinar partes da superfície da Terra.

No final da década de 1960, a tecnologia LASER, que significa Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, começou a encontrar aplicação no campo do mapeamento, ajudando a calcular distâncias medindo o tempo de retorno de um LASER emitido/sinal. O pulso, princípio LIDAR (Light Detection and Marking). Este princípio foi aplicado inicialmente em telêmetros eletrônicos (EDMs) em operações de levantamento e controle de redes geodésicas, posteriormente em formatadores aéreos a LASER e no início da década de 1990, em equipamentos de varredura LASER.

O levantamento mais antigo é aquele com medições de distância e direção usando instrumentos topográficos. Essa técnica foi efetivamente alcançada com a introdução de telêmetros de direções eletrônicas, dispositivos que, quando integrados, são tradicionalmente conhecidos como estações totais.

Segundo Habib (2007), o sistema de scanner a laser tem uma clara vantagem sobre outros sistemas tradicionais em termos de aplicação, desempenho, velocidade, precisão e segurança, pois pode capturar informações topográficas de locais inacessíveis por curtos períodos de tempo. Cada vez mais, o GNSS se torna uma ferramenta indispensável para realizar um posicionamento de alta precisão. A modernização dos sistemas tem contribuído muito para sanar este problema. Também é importante destacar o aprimoramento dos métodos de posicionamento de novas técnicas. Existem vários métodos que devem ser usados dependendo da precisão desejada para uma determinada aplicação.

As principais desvantagens apontadas por especialistas são: o alto custo ainda encontrado em equipamentos e softwares, a necessidade de mão de obra mais qualificada; grande quantidade de dados e volume de arquivos, exigindo equipamentos complexos; e depende da faixa veicular, no caso de varredura móvel.

Para realizar varreduras em áreas da superfície terrestre, são usados variados instrumentos de precisão. Esses instrumentos foram se aperfeiçoando no decorrer dos anos, tornando a varredura mais precisa, bem como o trabalho realizado com mais segurança. Para se capacitar e receber conhecimento teórico sobre o assunto, busca-se especialização na área de Engenharia de agrimensura e cartográfica, adquirindo subsídios cognitivos para desempenhar seu trabalho com perícia e magnitude.

O levantamento tridimensional de pontos é um problema clássico, que pode ser resolvido por diferentes métodos. Métodos esses que serão abordados nesse estudo.

A principal razão para utilizar o sistema de varredura LASER para fins de mapeamento é o levantamento tridimensional do campo e a característica de "penetração" do sinal na vegetação.

O medidor a laser foi bastante aprimorado e passou a medir distâncias sem a necessidade de refletor, permitindo que as coordenadas fossem determinadas à distância sem tocar no objeto. Além disso, o desenvolvimento da tecnologia de controle do mecanismo de serviço, aplicada a este dispositivo, garantiu o desenvolvimento de uma estação total robótica, que permite a programação para medir pontos, mesmo quando ninguém está presente.

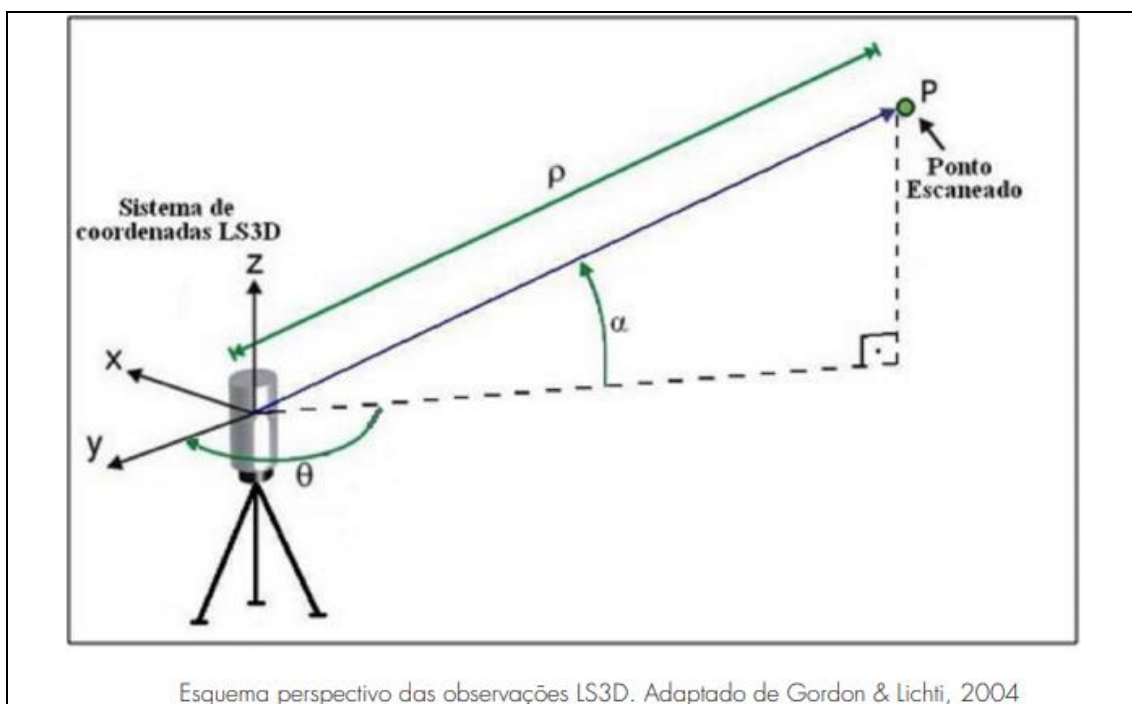
Dynamics Laser Escaninho é o uso de um ou mais sensores LIDAR em combinação com um sistema de navegação inercial, que é o principal responsável por controlar as informações de posição coletadas pelo receptor GNSS. O gerador de soluções tem a função de obter uma nuvem de pontos densa, com tamanho de 10 cm, ou até menos dependendo da velocidade de varredura, que pode chegar a 70 km/h.

2 JUSTIFICATIVA

A principal justificativa, para elaboração desse artigo com tema Instrumentos Topográficos: Avaliação do Sistema de Varredura a Laser; é falta de exploração racional do espaço físico-territorial e sua correspondente organização, por meio de produtos cartográficos confiáveis, que realizem as varreduras das áreas com maior precisão e segurança por parte do cartógrafo. Como apresentado na figura

01, o esquema perspectivo, das observações, LS 3D, caracteriza como o scanner executa a varredura de um ponto escaneado. A falta dessa precisão, aliada a falta de capacitação profissional, gerou problemas sociais e econômicos para o país. Com base no exposto, percebe-se que o mapa base é uma ferramenta indispensável, pois descreve a realidade do terreno. As técnicas de representação e mapeamento da superfície da Terra, evoluíram com os avanços tecnológicos, após os quais o cartógrafo profissional deve explorar métodos e encontrar os melhores disponíveis.

Figura 01 - Esquema perspectivo, das observações, LS 3D.



Fonte: Gordon e Lichti, 2004.

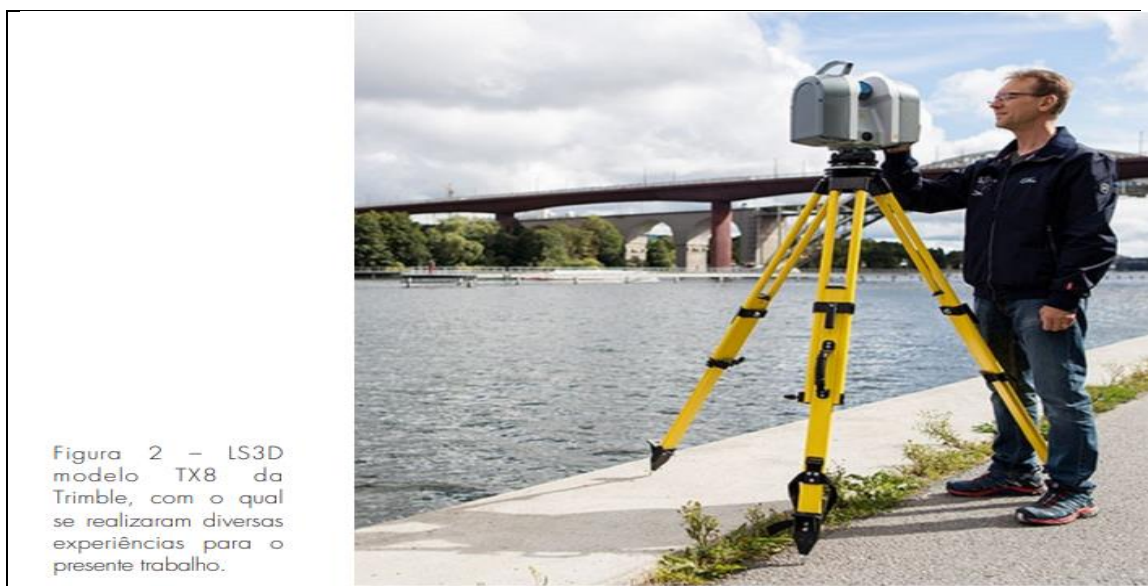
A necessidade de acelerar o uso dos scanners como instrumento topográfico, norteou esse projeto de pesquisa. Segundo Doubek (1989), as ferramentas e métodos usados para obter uma representação gráfica de uma parcela em uma superfície plana será o estudo Laser Scanner 3D. O scanner 3 D, é um sistema de varredura e coleta de dados com precisão, e mais rápido do que os métodos de campo tradicionais, pois o sensor do transformador a laser é adaptado para cobrir uma grande área em poucas horas. Sendo assim mais vantajoso.

Os scanners baseados em triangulação operam da seguinte maneira: um pulso de laser é emitido pelo sistema e a luz refletida pelo objeto é registrada por um ou mais sensores CCD (Charge Coupled Device) da máquina. O sensor converte

a luz refletida em um sinal elétrico, que é então convertido em bits através de um circuito conhecido como conversor analógico-digital. O ângulo de varredura do pulso é registrado no sistema do scanner a laser para cada pulsos emitidos. A geometria entre o emissor do laser e o sensor CCD é conhecida e permite o cálculo das coordenadas tridimensionais dos pontos iluminados pelo feixe de laser utilizando os conceitos de interseção da fotometria. A precisão da reconstrução do modelo de objetos depende de fatores geométricos semelhantes, como relações base/distância TOMMASELLI, (2003).

O projeto irá realizar uma análise comparativa entre Fotogrametria e Varredura a Laser e suas técnicas. São técnicas distintas com mesmo objetivo: medir coordenadas 3D de pontos remotos, sem tocá-los. A fotogrametria faz a varredura dos ângulos de abertura iguais para o feixe e a câmera, permitindo a medição de todos os pontos na faixa de 1,5 m a 100 m, como por exemplo a figura 02, modelo de scanner, em que foi baseado o trabalho. (ESPARTEL, 1987).

Figura 02 - LS 3D modelo TX8 da Timble



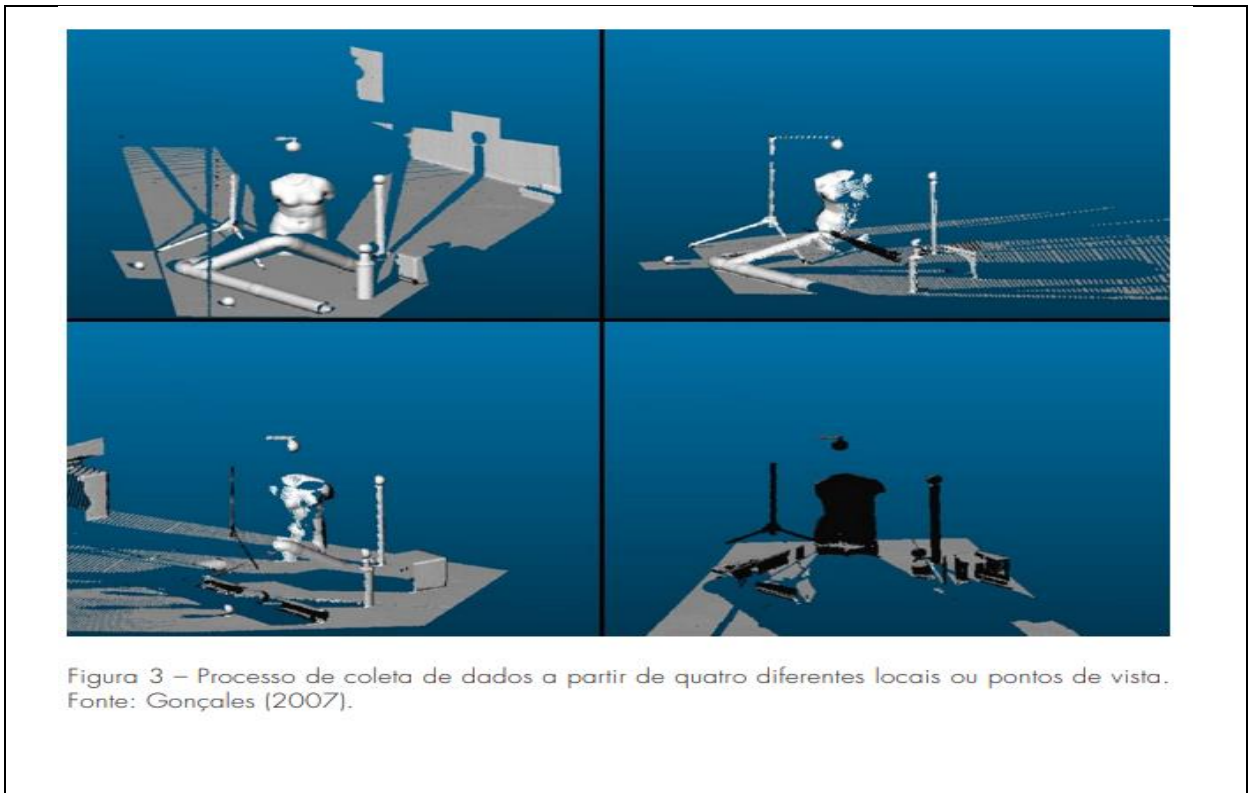
Fonte: Autores.

Espera-se contribuir com base no tema apontado para atualização e renovação de instalações industriais. Sendo assim o laser permite a conversão subsequente de segmentos da nuvem de pontos em elementos geométricos usando software especializado. Um dos benefícios da tecnologia de varredura a laser é que a nuvem de pontos gerada em campo pode ser comparada com os novos projetos

de plantas para detectar interferências, reduzindo riscos e custos com o ajuste de parâmetros.

Como apresentado na figura 03, pode-se perceber a precisão dessa tecnologia, e como a mesma reduz muito o risco de interferência não detectada de erros de modelo. Desta forma, o processo de coleta de dados, são detectados de forma precisa, e os componentes e peças podem ser pré-fabricados em terra e simplesmente montados na plataforma sem soldagem e outras operações arriscadas, reduzindo bastante o custo de produção, interrupção ou possível acidente. Nuvens de pontos são coletadas evitando interferência com mudanças de projeto anteriores, como pode-se detectar na figura 03 (SANDERS, 2001).

Figura 3 - Processo de coleta de dados a partir de quatro diferentes locais ou pontos de vista



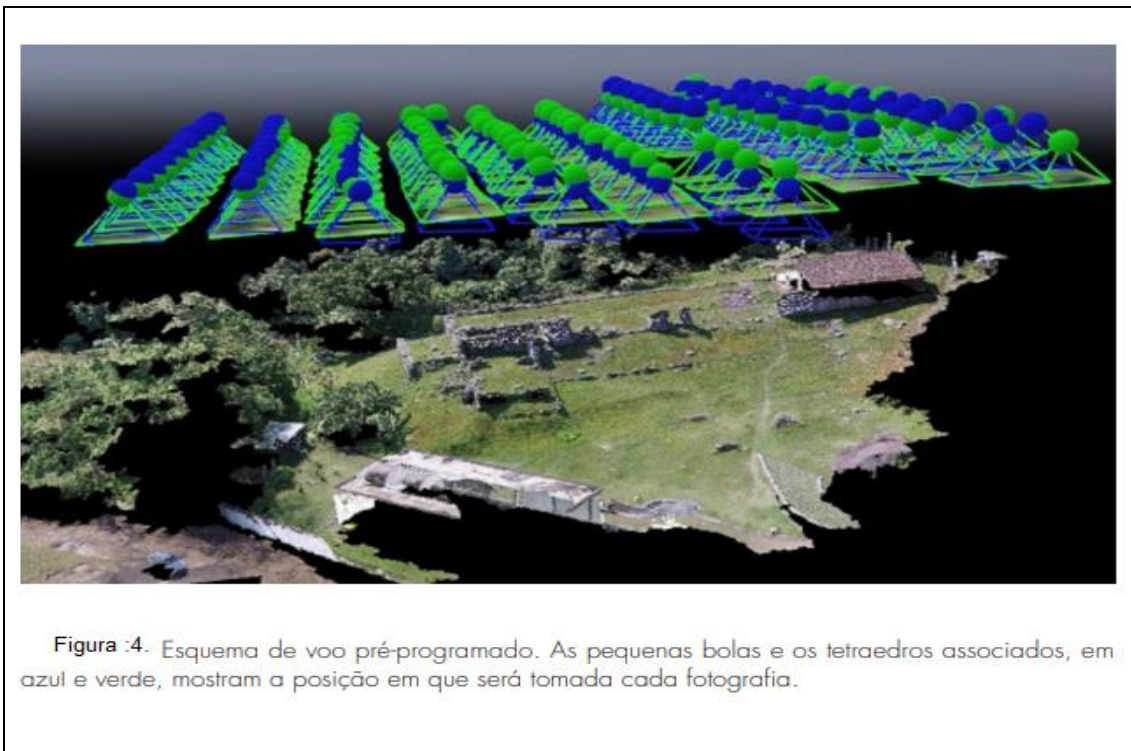
Fonte: Gonçalves, 2007

Diante do exposto, este trabalho visa demonstrar o potencial da nova técnica para gerar uma base cartográfica confiável, orientada para a precisão, de produção e economia para representações de superfície da face da terra, e

destacar o potencial dos resultados para execução de projetos inscritos no registro de engenharia de uso geral.

O método analítico, como exemplificado na figura 04, que é a esquema de voo pré programado, avalia a resolução de acordo com o efeito de borda, ou seja, através do qual o raio de projeção do laser pode ser estimado. Além disso, permite que o observe a distribuição de pontos ao longo das bordas dos objetos escaneados pelo sistema de escaneamento a laser baseado no solo.

Figura 04 - Esquema de voo pré-programado



Fonte: autores.

Diante do exposto na figura 04, acima pode-se concluir:

Os equipamentos Laser Scanner 3D (LS3D) podem ser definidos como dispositivos de emissão laser, geralmente pulsado, que registra ou grava coordenadas tridimensionais certa região ou objeto. O presente item resume a tecnologia utilizada por esses equipamentos, em suas variantes. A precisão alcançada pelos equipamentos LS3D está diretamente ligada ao método de coleta de informações, coisa que determina o tipo de aplicação em que pode ser empregado (SCHULZ, 2007 apud CINTRA; RODRIGUES, 2017, p. 5).

3 PROBLEMA / SOLUÇÃO PROPOSTA PELO PROJETO

Apesar das vantagens de se usar a varredura da superfície pelo scanner a laser 3D, um dos problemas detectados é o custo do sistema de varredura, e das missões de levantamento aéreo onde o custo financeiro é muito alto. Principalmente em estudos que dependem de sensoriamento remoto aéreo com altas frequências de tempo são frequentemente limitados, porque os métodos convencionais aéreos com veículos tripulados são muitas vezes caros e, portanto, inacessíveis para estudos detalhados e requerem informações de séries temporais em pequenas áreas.

Por isso a importância que o técnico de Agrimensura e Cartográfica entenda um dos conceitos básicos relacionados ao levantamento de dados topográficos, pois a partir dessa conceitualização, é possível buscar os melhores equipamentos para atingir os objetivos desejados em cada atividade realizada.

Diante do exposto indaga-se: É possível executar os projetos de engenharia de agrimensura e cartográfica, orientando-se unicamente pela análise obtida, através dos dados coletados, aplicando a tecnologia de varredura a laser 3D?

4 HIPÓTESES OU PRESSUPOSTOS

A hipótese permite o estudo entre a relação das variáveis do problema de pesquisa, a partir dessas premissas e a declaração do problema. Da mesma forma, a hipótese serve para que alcance os objetivos no processo de pesquisa. E ao mesmo tempo testar, se a problemática levantada está coerente com as considerações para que foi levantado.

As variáveis do problema de pesquisa são estudadas a partir dessas premissas até chegar a resolução do problema. Da mesma forma, a hipótese serve para que se tenha um objetivo no processo de pesquisa.

4.1 Predição de erros para a Fotogrametria no caso normal

Os principais resultados mostram que o scanner a laser apresenta um nível de detalhamento maior que o RPA. Vários itens devem ser citados, pois afetam os resultados dos dados e a precisão dos resultados. Eles são: características locais. Como resultado, a qualidade do modelo digital do terreno varia de acordo

com o método de filtragem e avaliação, pois há uma tendência da superfície analisada ser ligeiramente superior à superfície real devido a erros na remoção de obstáculos.

Para Schafer e Loch (2004), os tipos de varreduras terrestres, que o laser tem sido utilizado, são as superfícies como: áreas de mineração, industriais e urbanas, acima e abaixo do solo. Usada para medir informações tridimensionais de qualquer lugar, em grande escala, de forma rápida e direta. O sistema registra com precisão a posição e as características dos objetos de estudo.

4.2 Tipos de dispositivos de Scanner a Laser

De acordo com Wutke (2006). Existem vários tipos de dispositivo de scanners 3D, dependendo da sua tecnologia e eles podem ser classificados em dois grupos principais: com ou sem contato. Os scanners 3D de contato são talvez os menos comuns, embora estejam entre os mais precisos. Consistem em um braço articulado, geralmente com 6 graus de liberdade, com uma caneta na ponta. O operador escaneia a superfície com a caneta enquanto os sensores registram a posição em uma frequência específica. A principal desvantagem dessa tecnologia é que ela exige que o operador escaneie toda a superfície com a caneta, o que pode ser muito lento. Por outro lado, o atrito do estilete com a superfície pode danificar a superfície, o que pode dificultar obras arqueológicas ou obras de arte.

4.3 Avaliação dos tipos de sistema de varredura a laser

O presente trabalho irá avaliar os dois tipos de sistemas de varredura a laser: sistemas estáticos e sistemas dinâmicos. E suas características fundamentais. Existem dois tipos de sistemas de varredura. Os sistemas de varredura a laser estática podem ser classificados em três grupos, de acordo com seu princípio de funcionamento: O primeiro grupo inclui baseados no princípio de "tempo de voo", desde o pulso até o instante de sua Retorna. No segundo grupo estão sistemas baseados no método de diferença de fase, onde a distância é calculada através da diferença de fase de da onda moduladora (MAIA, 1999). O terceiro grupo, corresponde a sistemas baseados no princípio do triângulo BOEHLER et al. (2001).

4.4 Divisão dos tipos de scanners a laser

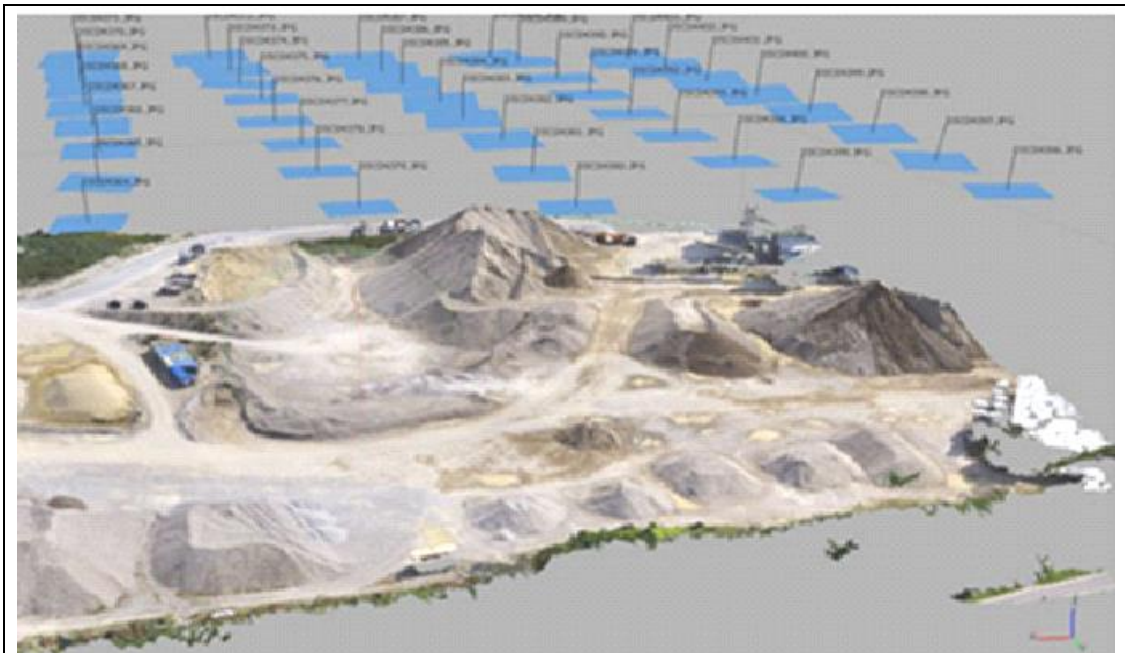
Os scanners sem contato são baseados em tecnologia óptica e são divididos em dois tipos: sistemas passivos e sistemas ativos.

Os sistemas passivos baseiam-se principalmente na extração de informações geométricas de uma superfície a partir de fotografias tiradas de duas perspectivas definidas, uma técnica conhecida como estereoscópica e baseada no efeito de paralaxe da visão humana. Sua principal vantagem é que pode mapear grandes áreas de forma rápida e com baixo custo, porém, sua resolução e precisão são realmente baixas. Além disso, ele não captura medições reais, portanto, requer um sistema adicional para dimensionar o modelo para seu tamanho real. A tecnologia de digitalização 3D passiva mais conhecida é a fotogrametria, que é usada principalmente em mapeamento topográfico e engenharia civil. Muitas vezes, é complementado com dados de navegação por satélite para adicionar dados dimensionais precisos.

Scanner 3D LIDAR: Com base no cálculo da distância até a superfície, mede o tempo que leva para viajar e retornar um pulso de luz laser. Combina um longo alcance com uma alta frequência de coleta de pontos. É usado principalmente para mapear grandes estruturas ou como ferramenta de medição para determinar a deformação de elementos estruturais.

Para GONÇALES (2007) A varredura a laser apresenta várias características importantes que podem ser observadas:

Figura 05 - Modelo fotográfico feito fotogrametria



Modelo fotográfico feito fotogrametria. Fonte: aamspi.com

- * É um método ativo que não depende da luz visível refletida, embora alguns modelos de scanners apresentem comportamento inadequado na ausência total de iluminação;
- * Operação remota, o que significa que o objeto não precisa ser tocado;
- * O princípio geométrico de cálculo das coordenadas pode ser a triangulação ou o irradiação, dependendo do modelo, mas em ambos os casos a varredura pode ser feita com apenas uma estação por objeto;
- * A resposta está disponível em tempo real, ou seja, após o término da varredura o operador tem à sua disposição milhões de pontos com coordenadas conhecidas, estando apto a fornecer respostas sobre os objetos, como distâncias entre peças, dimensões, volumes, verticalidade de superfícies, etc.;
- * Alta densidade de pontos coletados e, conseqüentemente, altíssima redundância na descrição dos objetos;
- * É possível realizar o controle de qualidade durante a coleta e refazer a varredura, se necessário;

- * A exatidão das coordenadas é homogênea, ou seja, a qualidade dos pontos depende apenas da distância do laser ao objeto;
- * Operação simples e flexível; basta um operador para posicionar e operar o sistema;
- * É possível combinar vários modelos numéricos gerados de diferentes posições, o que permite cobrir quase toda superfície visível dos objetos;
- * Alguns sistemas possuem softwares para a obtenção de descrições paramétricas para ajuste à nuvem de pontos, o que permite uma exatidão ainda maior que a dos pontos isolados; além disto, devido à alta densidade de pontos as ferramentas automáticas de alguns sistemas fazem a busca pelos pontos pertencentes aos mesmos objetos ou superfícies com pouca interação com o operador, o que aumenta substancialmente a produtividade.

4.5 Características dos Scanners tipo LIDAR

Uma característica importante dos scanners do tipo LIDAR é a sua exatidão homogênea em relação à distância do objeto. Enquanto que nos scanners por triangulação ou no processo fotogramétrico, a exatidão diminui com o quadrado da distância. Nos scanners LiDAR há uma discreta diminuição da precisão da medida com o aumento da distância. Isto ocorre porque o erro na medida do tempo de retorno não é influenciado significativamente pelo aumento da distância.

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo Geral

Busca verificar a qualidade das coordenadas de uma varredura a laser terrestre, utilizando a Leitura scanner LIDAR.

5.2 Objetivos específicos

Este trabalho tem os seguintes objetivos específicos:

- Identificar os procedimentos necessários para os processos de avaliação do laser 3D.

- Descrever como usar a tecnologia de digitalização a laser 3D levantamento de varredura superfícies.
- Elaborar o fluxograma das atividades que compõe o processo de digitalização do uso do laser 3D.

6 METODOLOGIA

O método de pesquisa utilizado para concluir o projeto de pesquisa, foi realizada em documentos de arquivados em locais públicos ou privados, registro, anais, diários, cartas, comunicações informais, etc. Ou seja, com fontes de dados ainda não tratadas analiticamente ou reelaboradas por outros autores, divididas em fontes de primeira mão (conservadas em arquivos ou pessoais) e de segunda mão (relatórios empresariais ou de pesquisa e dados estatísticos), que devem ser representativos e corretamente interpretados pelo pesquisador (VERGARA, 2000 p. 50).

Sendo caracterizada por ser uma pesquisa bibliográfica por ser realizada através de material já publicado em livros, revistas, jornais, meios eletrônicos acessíveis ao público em geral (VERGARA, 2000 p.51).

A pesquisa bibliográfica é um meio de formação de conhecimento e busca o domínio de um determinado tema, podendo inclusive ser produzida para um trabalho científico original.

Com base nessa afirmativa, pode-se definir que o método é simplesmente a ferramenta usada para responder às perguntas de pesquisa - essencialmente, como será realizada a coleta dos dados. Os métodos de pesquisa foram as técnicas ou ferramentas científicas que foram usadas para fazer esse artigo, incluindo observações, procedimentos teóricos, estudos empíricos, estudos de contexto, estudos de usabilidade e bibliografias.

Nesse sentido, ao final da pesquisa, a problemática é esclarecida, colocando o pesquisador em contato direto com o material escrito sobre o assunto, como por exemplo, livros, artigos científicos, entre outros. Esta pesquisa teve o enfoque da temática partindo dos aspectos técnicos (LOKATOS; MARCONI, 2007).

LOKATOS; MARCONI, (2003, p. 83) definem o método de pesquisa, como um conjunto de atividades sistemáticas e racionais, com maior segurança e economia, que possibilitam o alcance do objetivo do conhecimento autêntico, detectando erros ajudando nas decisões dos pesquisadores. Esse trabalho é pautado em uma pesquisa qualitativa, pois valoriza o produto e também todo o processo da pesquisa. Essa abordagem metodológica caracteriza-se por ser uma pesquisa direcionada e ampla, por meio da qual é possível obter dados descritivos através do contato direto e indireto do pesquisador com o objeto do estudo.

Por intermédio da abordagem qualitativa o pesquisador tem o intuito de compreender os fenômenos, através da interpretação dos estudos destes (LOKATOS; MARCONI, 2007).

Os métodos utilizados para alcançar o objetivo proposto serão através de reconhecimento do local, análise e estudo da coleta de dados volumétricos, levantamento de dimensionamento e coleta de dados.

Doubek (1989) afirma claramente que o objetivo da topografia é estudar as ferramentas e métodos usados para obter uma representação gráfica de uma porção de terra em uma superfície plana. A finalidade da topografia é determinar o contorno, tamanho e posição relativa de uma parte limitada da superfície terrestre,

É importante para os profissionais de topografia e engenharia cartográfica, entender um dos conceitos básicos relacionados à medição de dados topográficos, porque a partir daí pode ser estudado. O melhor aparelho para realizar o trabalho desejado objetivos em cada operação realizada por profissionais.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das afirmativas, conclui-se que o Scanner 3D foi desenvolvido para aferir informações em três dimensões de qualquer lugar, em uma grande escala, de modo rápido e direto. O sistema registra com precisão a localização e as características de superfícies em áreas mineiras, industriais e urbanas, isso, na superfície e no subsolo.

O sistema a laser é um inovador equipamento para a utilização em muitas aplicações nos mais variados processos de aferição de medidas terrestres. A opção de obtenção de informações aliado a possibilidade de processamento de forma rápida permite analisar a topografia e planejar estratégias de forma simultânea com o avanço das operações, diminuindo tempo e aumentando a qualidade dos resultados do trabalho.

Existe uma grande diversidade de soluções digitais e isso reflete a dificuldade em encontrar uma única e definitiva solução. A precisão dos resultados depende também das características locais. A qualidade do modelo digital do terreno como resultado varia de acordo com o método de filtragem e da avaliação, pois, existe a predisposição de a área analisada apresentar obstáculos e objetos acima da superfície real.

Podem ser identificadas diferentes melhorias, quantitativas e qualitativas, quando o equipamento de scanner 3D é geralmente empregado. O menor tempo necessário para levantamento de dados, não oferecendo risco de erro humano, enquanto no método laser scanner o processo é semiautomatizado onde os cálculos são realizados com maior precisão através de algoritmos contidos no software.

Termos de precisão de cálculos de volume, devido à grande quantidade de informações topográficas coletadas e a quantidade infinitamente superior de quadrantes utilizados nos cálculos da integral, há uma redução de possibilidade de erro por utilização. A análises multidisciplinar em treinamentos de segurança para novas equipes em ambiente virtual, melhora a comunicação e facilita a velocidade da geração de produtos derivados. A integração com outras informações georeferenciadas em um sistema de informações geográficas com interface de realidade virtual para realização de análises espaciais mostra relação dos dados de superfície com os da sub-superfície.

Por essas especificações, o sistema laser scanner possui óbvias vantagens; velocidade, precisão e segurança, uma vez que permite capturar informação topográfica de locais inacessíveis em curto espaço de tempo.

Realizando posicionamento com alta precisão. A modernização dos sistemas tem contribuído muito nesse sentido. Também deve ter destaque o aperfeiçoamento dos métodos de posicionamento e o surgimento de novas técnicas.

A esperança é que em breve, com a existência de diversos sistemas de escaneamento, aliado ao avanço dos métodos de posicionamento, a expectativa é obtenção alta precisão e eficácia, em campo, com muito mais facilidade.

REFERÊNCIAS

BOEHLER, W.; HEINZ, G.; MARBS, A. **The Potencial of Non-Contact Close Range Laser Scanners for Cultural Heritage Recording**. CIPA - International Symposium, Proceedings. Potsdam, Germany - 2001

CINTRA, J.P.; RODRIGUES, G., **Topografia de Túneis com Laser Scanner Terrestre: estudo de caso**. *Boletim de Ciências Geodésicas*. São Paulo - SP. Escola Politécnica da USP. 2017, p. 19. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S198221702017000100115. Acesso em: 15 set. 2022.

COSTA, Eduardo. Dr. Eduardo Costa: **Inovação e mercado**. 2013. (3m14s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=6Xc5NegvMVU>. Acesso em: 15 de setembro de 2022.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. 112 pg.

DOUBEK, A. **Topografia**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1989, 205p.

DALMOLIN, Q.; SANTOS, D. R. **Sistema Laser scanner: conceitos e princípios de funcionamento**. 3. ed. Curitiba: UFPR, 2004.

ESPARTEL, L. **Curso de Topografia**. 9 ed. Rio de Janeiro, Globo, 1987.

GONÇALES, R., **Dispositivo de varredura laser 3D terrestre e suas aplicações na Engenharia, com ênfase em túneis**. Dissertação de Mestrado da Escola politécnica de São Paulo, São Paulo, São Paulo; 2007.

HABIB A., KERSTING A. P., Ruifanga, Z. ALDURGHAM, KIM, M. C, LEE, D. C. 2007. **Lidar Strip Adjustment Using Conjugate Linear Features in Overlapping Strips**. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. XXXVII. Part B1. Beijing. 2007. pp. 386-390.

MAIA, T. C. B. **Estudo e Análise de Poligonais Segundo a NBR 13.133 e o Sistema de Posicionamento Global**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Paulo.

MARCONI, M. de Andrade; LOKATOS, E. M. **Técnicas de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002. 282p.

Petrie, G., Kennie. T.J.M. **Terrain modelling in surveying and civil engineering**. Londres: Editora Whittles, 1990.

SANDERS, F.H.: **3D scanning helps Chevron revamp platform**, *Oil & Gas Journal*, p.92-98, April 2001.

Schäfer, A. **Aplicação de produtos fotogramétricos e do sensor Laserscanner em projetos rodoviários**. Estudo de caso: Trecho da SC-414. Florianópolis, 2004.

TOMMASELLI, A. M. G. **Um estudo sobre as técnicas de varredura a laser e fotogrametria para levantamentos 3D a curta distância**. Artigo, páginas 1-16. Ano 2016.

VEIGA, L. A. K. **Sistema para Mapeamento Automatizado em Campo: conceitos, metodologia e implantação de um protótipo**. 2000. 201f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

VEIGA, L. A. K; ZANETTI, M. A. Z; FAGGION, P. L. **Fundamentos de topografia**. Engenharia Cartográfica e de Agrimensura Universidade Federal do Paraná, 2012.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

VÊRAS JUNIOR, L. **Topografia**. Universidade Federal Rural De Pernambuco Departamento de Tecnologia Rural Área de Topografia e Geoprocessamento. Recife, 2003.

WUTKE, J.D. **Métodos para avaliação de um sistema laser scanner terrestre**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, 2006.