



**DIRETORIA DE ENSINO DO *CAMPUS* SALVADOR
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO TÉCNICO INTEGRADO EM EDIFICAÇÕES**

MARIA EDUARDA DE SOUZA MAGALHÃES

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE INSTRUMENTOS
TRADICIONAIS E A TECNOLOGIA BIM PARA A COLETA
DE DADOS E REPRESENTAÇÃO DA TOPOGRAFIA**

Salvador
2023

MARIA EDUARDA DE SOUZA MAGALHÃES

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE INSTRUMENTOS
TRADICIONAIS E A TECNOLOGIA BIM PARA A COLETA
DE DADOS E REPRESENTAÇÃO DA TOPOGRAFIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento Acadêmico de Construção Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Técnico em Edificações

Orientadora: Prof.^a Me. Cléa Teresa Queiroz

Salvador
2023

MARIA EDUARDA DE SOUZA MAGALHÃES

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE INSTRUMENTOS
TRADICIONAIS E A TECNOLOGIA BIM PARA A COLETA
DE DADOS E REPRESENTAÇÃO DA TOPOGRAFIA**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito para obtenção do título de Técnico em Edificações, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, pela seguinte banca examinadora:

Cléa Teresa Queiroz _____
Mestre em Engenharia Ambiental Urbana, UFBA
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia

Michele dos Anjos de Santana _____
Mestre em Desenvolvimento Urbano, UFPE
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia

Aristides Fraga Lima Filho _____
Doutor em Engenharia Agrônômica, UFRB
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia

Salvador
2023

DEDICATÓRIA

A realização deste trabalho marca não apenas o fim de uma jornada acadêmica, mas o início de uma trajetória repleta de aprendizado e superação. Dedico este trabalho a Deus, por ter me dado forças e capacitação ao longo deste ciclo. Sua graça sustentou-me nos momentos de desespero, fortalecendo minha fé e reforçando a minha identidade, conduzindo-me à conclusão desta etapa. Toda a glória, honra e louvor a Ele, que o princípio e o fim sejam Ele.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, antes de tudo, a Deus, fonte de força e sabedoria, por guiar meus passos, inspirar minha mente e sustentar-me nos desafios.

À minha querida orientadora Cléa Teresa Queiroz, expresso minha profunda gratidão pela orientação dedicada, conselhos valiosos e incentivo constante. Seu compromisso com a excelência e sua paciência moldaram não apenas este trabalho, mas também a mim, com seus vastos conhecimentos na área acadêmica e no mundo.

Aos professores e membros da banca, agradeço a dedicação em avaliar este trabalho e pelas contribuições que enriqueceram sua qualidade. Suas sugestões e percepções foram essenciais para aperfeiçoar esta pesquisa.

À minha família, verdadeira âncora em todas as fases desta jornada, agradeço o apoio incondicional, amor e compreensão. Cada conquista é compartilhada com vocês, e este trabalho é um reflexo do suporte que recebi.

Aos meus amigos, colegas de estudo e companheiros de jornada, agradeço a família que se tornaram, pelos momentos de descontração que aliviaram a carga psicoemocional e pelas trocas enriquecedoras de experiências.

À Rian Pereira de Almeida, por ter sido a minha pessoa do IFBA, por ser o meu companheiro e ombro amigo, que compartilhou comigo altas risadas e rios de choro. Por ter me apoiado e me mostrado um caminho quando estava perdida pelos corredores. Por ter estado comigo do começo ao fim, me motivando do seu jeito e me respeitando como mais ninguém fez.

Aos líderes e membros dos ministérios aos quais pertenço, agradeço por serem uma fonte constante de paz e confiança e por compartilharem a jornada da fé comigo.

Este trabalho não seria possível sem o apoio e a contribuição de cada um de vocês. Agradeço sinceramente por fazerem parte desta conquista e por enriquecerem minha jornada de maneiras incontáveis.

“A ciência moderna torna possível produzir uma descrição assombrosamente exata e eficaz de algo que não tem a menor ideia do que seja”. (Olavo de Carvalho, 2000)

MAGALHÃES, Maria Eduarda de Souza. **Análise comparativa entre instrumentos tradicionais e a tecnologia Bim para a coleta de dados e representação da topografia**. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso Técnico em Edificações, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – *Campus* Salvador, Salvador, 2023.

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) tem como objetivo analisar as características dos instrumentos, para coleta de dados e representação da topografia, da tecnologia BIM (Building Information Modeling), comparando-as com as características dos instrumentos tradicionais. A pesquisa analisa os instrumentos tradicionais de levantamento topográfico, os quais necessitam de um processo de manipulação, importação e processamento de dados de maneira individualizada, e a tecnologia BIM que utiliza equipamentos digitais que possibilitam uma integração direta, promovendo interoperabilidade e consistência entre as diversas disciplinas. Também destaca a importância de considerar a evolução dos equipamentos e a compatibilidade dos dados topográficos com os *softwares* BIM; a escolha do método mais adequado às necessidades de cada projeto; e aborda a capacidade de representação e análise de dados proporcionada pela tecnologia BIM em relação aos métodos tradicionais. A comparação entre essas abordagens revela uma dicotomia complexa, com vantagens e desvantagens distintas, demonstrando que a integração de métodos tradicionais com a tecnologia BIM é a melhor forma de otimizar os resultados na coleta de dados e representação da topografia na construção civil. Apesar da superioridade da tecnologia BIM em relação aos métodos tradicionais em termos de eficiência, eficácia, precisão e agilidade, esta não substitui completamente os equipamentos tradicionais, pois para a execução de trabalhos topográficos com o BIM, é necessário ter auxílio de instrumentos e equipamentos tradicionais. Outro ponto a considerar é que a adoção e integração do BIM na educação é essencial para preparar os profissionais para as demandas atuais do setor da construção civil.

Palavras-chave: Topografia; Tecnologia BIM; Instrumentos Topográficos.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Dioptra agrimensura	14
Figura 2 – Groma Romana.....	15
Figura 3 – Chorobate.....	15
Figura 4 – Astrolábio	16
Figura 5 – Bússola chinesa Si Nan.....	17
Figura 6 – Teodolito.....	18
Figura 7 – Teodolito Eletrônico	27
Figura 8 – Estação Total	29
Figura 9 – Par de Receptores	31
Figura 10 – Coletora de dados GNSS	32
Figura 11 – Micrômetro de Varredura Laser	35
Figura 12 – LiDAR Mecânico	35
Figura 13 – Drone.....	37
Figura 14 – Planta cartográfica da cidade do Recife, 1856	40
Figura 15 – Curvas de nível em AutoCAD.....	42
Figura 16 – Maquete Topográfica.....	44
Figura 17 – Mapa de declividade no Autocad Civil 3D	45
Figura 18 – Maquete eletrônica	48
Quadro 1 – Instrumentos topográficos de coleta de dados	53
Quadro 2 – Representação da Topografia	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BDS	Building Description System
BEP	Plano de Execução BIM
BIM	Modelagem de Informação da Construção (Building Information Modeling)
CAD	Computer-Aided Design
DGPS	Differential GPS
Estratégia BIM BR	Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling
GPS	Sistemas de Posicionamento Global (Global Positioning System)
GNSS	Sistema Global de Navegação por Satélite
ISO	Organização Internacional de Normalização
LIDAR	Light Detection and Ranging
LST	Scanner a Laser Terrestre
NBR	Norma Brasileira
RPA	Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas
RTK	Real-Time Kinematic
SGB	Sistema Geodésico Brasileiro
VANT	Veículos Aéreos Não Tripulados

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
2.1	TOPOGRAFIA.....	12
2.1.1	Evolução histórica da Topografia e de seus instrumentos.....	13
2.1.2	Norma técnica de levantamentos topográficos.....	20
2.2	A TECNOLOGIA BIM.....	21
3	INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	26
3.1	INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS TRADICIONAIS.....	26
3.1.1	Teodolito.....	27
3.1.2	Estação total.....	28
3.1.3	Receptor GNSS.....	30
3.2	INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS UTILIZADOS PELA TECNOLOGIA BIM.....	34
3.2.1	Scanner a Laser.....	34
3.2.2	Drone.....	37
4	REPRESENTAÇÃO DA TOPOGRAFIA.....	38
4.1	USO DE MÉTODOS TRADICIONAIS.....	39
4.1.1	Desenho técnico à mão.....	39
4.1.2	CAD.....	41
4.1.3	Maquete física.....	43
4.2	USO DA TECNOLOGIA BIM.....	44
4.2.2	Software.....	45
4.2.3	Maquete eletrônica.....	48
5	DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS DADOS.....	50
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
	REFERÊNCIAS.....	60

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil tem testemunhado um avanço tecnológico constante, impulsionando a busca por maior eficiência e produtividade. A evolução tecnológica não apenas otimiza o uso de recursos como tempo, materiais e mão de obra, mas também facilita a gestão em todas as etapas, desde o projeto e orçamento até a execução e manutenção. Nesse contexto, a Topografia, uma disciplina que analisa as características geométricas da superfície terrestre e a disposição dos elementos naturais e artificiais, desempenha um papel crucial e não poderia ficar de fora.

A evolução tecnológica na topografia testemunhou uma transição marcante dos equipamentos para o mundo digital. Inicialmente, a Topografia confiou em instrumentos clássicos mecânicos, que, embora eficientes, limitavam a agilidade dos processos. Com a entrada de tecnologias avançadas, a Topografia começou a abraçar métodos mais rápidos e precisos. No entanto, foi a introdução do Building Information Modeling ou Modelagem de Informação da Construção (CIM) que representou um avanço paradigmático.

O BIM é definido como um conjunto integrado de tecnologias e processos que colaborativamente criam, utilizam e atualizam modelos digitais de construções, beneficiando todos os envolvidos em qualquer fase do empreendimento. O BIM engloba tecnologias, processos e políticas que permitem a colaboração na concepção, construção e operação de estruturas por meio de instrumentos e *softwares* aplicados a levantamentos, projetos, modelagem e gestão na construção. O Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020, tornou obrigatória a adoção do BIM na execução direta e indireta de obras e serviços de engenharia realizadas por alguns órgãos e entidades pertencentes à administração pública federal (Brasil, 2020).

O instrumento topográfico abrange dispositivos e ferramentas usados na topografia para medir e registrar informações sobre a forma e características da Terra. Estes instrumentos permitem realizar medidas precisas de distâncias, ângulos e elevações, e se utilizam em diversas aplicações como a elaboração de mapas, o planejamento de projetos de construção e a delimitação de propriedades.

Enquanto os instrumentos tradicionais são aqueles que utilizam métodos ópticos e mecânicos para medir distâncias, ângulos e altitudes e as representa de forma individual, como os teodolitos e estações totais, os instrumentos de tecnologia BIM são aqueles que empregam ferramentas digitais para coletar, analisar e representar as informações do terreno de forma integrada, como o drone topográfico ou de mapeamento,

Este estudo tem como propósito analisar as características dos instrumentos para coleta de dados e representação da topografia da tecnologia BIM, comparando-as com as características dos instrumentos tradicionais. O objetivo é avaliar a eficiência, eficácia e precisão de ambos os métodos, considerando fatores como tempo de coleta, facilidade de uso, precisão, tipos e formatos de dados gerados e possíveis limitações, a fim de identificar a tecnologia mais vantajosa na coleta de dados e representação gráfica da topografia, tradicional ou BIM, ponderando fatores técnicos e econômicos, como a capacitação da equipe e aquisição de equipamentos e *softwares*.

Ao investigar estas questões e efetuar uma análise comparativa entre as ferramentas tradicionais e a tecnologia BIM, para coletar dados e representar a topografia, é possível obter uma compreensão mais clara dos impactos e benefícios dessa transição tecnológica na indústria da construção civil. Além disso, espera-se a obtenção de resultados que avaliam a viabilidade e eficácia do uso da tecnologia BIM destinados aos trabalhos de coleta de dados e representação da topografia, permitindo que profissionais da área da construção civil tomem decisões embasadas sobre a escolha dos métodos mais adequados para suas necessidades específicas.

Este estudo segue uma abordagem bibliográfica de natureza qualitativa descritiva, sustentada por meio de revisões de literatura pertinentes ao tema, permitindo a observação de resultados relacionados à importação, processamento e visualização de dados topográficos, explorando as características distintas entre os instrumentos tradicionais e de uso da tecnologia BIM, além de avaliar as vantagens e desvantagens da tecnologia BIM e dos métodos tradicionais na coleta e representação de dados topográficos derivados desta investigação, sem interferência direta do pesquisador.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No âmbito desta pesquisa, a fundamentação teórica não apenas legitima a escolha do tema, mas também proporciona uma visão abrangente do atual estado do conhecimento no cruzamento entre a Topografia e a Tecnologia BIM.

2.1 TOPOGRAFIA

A Topografia, conforme descrita por Loch e Cordini (1995), é uma ciência aplicada que se fundamenta na geometria e na trigonometria plana, que utiliza medidas de distâncias horizontais, diferenças de nível, ângulos e orientação para obter uma representação, através de uma projeção ortogonal sobre um plano de referência, dos pontos que determinam a forma, as dimensões e a posição relativa de uma parte específica do terreno, sem levar em conta a curvatura da Terra.

A principal limitação da Topografia se refere ao campo topográfico. Como a curvatura da Terra não é considerada e a superfície terrestre pode ser considerada plana dentro de um raio de 10 km, na maioria de levantamentos em que a precisão relativa pode ser de ordem 1:200000, o raio do campo topográfico é de aproximadamente 25 km (Espartel, 1987) Outra limitação é a dificuldade em representar altitudes em um plano inclinado. A altitude é medida perpendicularmente, à superfície da Terra, portanto, não representa o mesmo valor ao longo de um plano inclinado.

O Mapeamento é pré-condição do desenvolvimento [...] (Loch; Cordini, 1995, p.18).

O objetivo central da Topografia é adquirir informações precisas e detalhadas sobre a configuração da superfície terrestre e a posição relativa dos elementos presentes nesse terreno. Por meio da coleta, análise e representação desses dados, a Topografia visa proporcionar uma compreensão clara e abrangente do ambiente físico, permitindo a elaboração de projetos de Engenharia, Planejamento Urbano, Arquitetura, Cartografia e outras ciências. O objetivo é fornecer informações que sejam fundamentais para a tomada de decisões informadas em diversas áreas, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e eficiente de projetos e intervenções no espaço geográfico.

A Topografia desempenha um papel central em várias esferas da sociedade sendo essencial no planejamento e projeto de infraestruturas, garantindo que estruturas sejam projetadas de forma segura e compatível com o terreno. Na construção, ela assegura o correto posicionamento de fundações e estruturas, atendendo a requisitos de estabilidade. Além disso, é a base para mapas precisos e representações cartográficas vitais para navegação, gestão de recursos naturais e planejamento territorial. Ela também desempenha um papel na gestão de recursos hídricos, florestas e áreas agrícolas, contribuindo para abordagens sustentáveis. No monitoramento ambiental, auxilia na detecção de mudanças no ambiente e na prevenção de desastres. A Topografia é fundamental para o georreferenciamento de locais e pontos de interesse, permitindo a navegação precisa por meio de receptores de navegação (Veiga; Zanetti; Faggion, 2012).

2.1.1 Evolução histórica da Topografia e de seus instrumentos

A evolução da Topografia ao longo da história nos permite entender como essa ciência fundamental para a Cartografia e o planejamento do espaço evoluiu ao longo do tempo. A história da topografia remonta ao antigo Egito, cerca de 1400 a.C., com a demarcação das terras à margem do Rio Nilo, no Egito, com a divisão em lotes para fins de tributação. As inundações anuais do Rio Nilo frequentemente alteravam esses limites, levando à necessidade de topógrafos, conhecidos como “esticadores de cordas”, para restaurar os marcos de propriedade. Esses topógrafos usavam cordas com marcadores em distâncias unitárias para suas medições (Ghilani; Wolf; 2013).

Essa prática no Egito antigo desempenhou um papel fundamental no desenvolvimento da Geometria, que se tornou a base matemática da topografia. No século III a.C., Heron¹ se destacou ao aplicar a geometria à topografia, produzindo tratados importantes como “As dioptrias”, que descreviam métodos de levantamento de campo, desenho de planos e cálculos relacionados. Ele também introduziu um dos

¹ Heron de Alexandria foi um matemático, geômetra, mecânico e engenheiro grego, estimasse que viveu no século III a.c. Esteve ativo em torno do ano 62.

primeiros instrumentos de topografia registrados, a “*dioptra*”, (Figura 1) (Ghilani, Wolf, 2013).

Figura 1 – Dioptra agrimensura

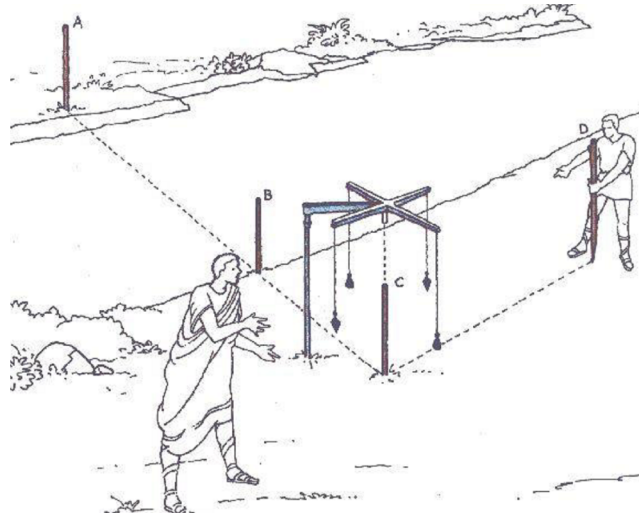


Fonte: Giovanini, 2021a

No entanto, foi durante o período romano que a Topografia experimentou um desenvolvimento significativo, com engenheiros e topógrafos como Frontino² liderando o caminho. A Topografia era fundamental para os romanos devido às suas extensas obras de construção por todo o império. Isso levou à criação de instrumentos engenhosos como a “*groma*” (Figura 2), uma régua com fios de prumo cruzados usada para construir ângulos retos e edificações, e o “*chorobate*”, – um equipamento que antecedeu o nível (Figura 3), os quais foram usados para medir e nivelar o terreno (Ghilani, Wolf, 2013).

² Sexto Júlio Frontino, c.30 - 103, foi um engenheiro e senador romano nomeado cônsul suffecto duas vezes.

Figura 2 – Groma Romana



Fonte: Marzolla, 2017

Figura 3 – Chorobate

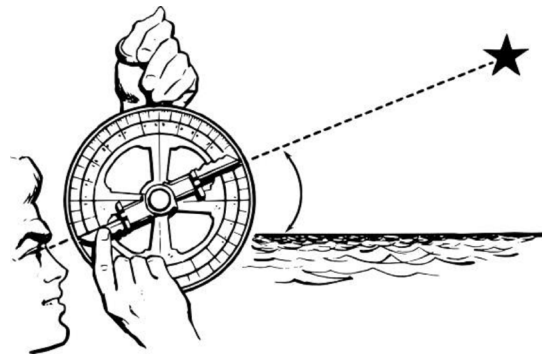


Fonte: Giovanini, 2021b

Na Idade Média, os árabes preservaram o conhecimento grego e romano, mas houve pouco progresso na Topografia, e os escritos sobre o assunto eram chamados de “geometria prática”. No entanto, no século XIII, Von Piso escreveu na “Practica Geometria”, que continha instruções sobre Topografia, e também, contribuiu para o desenvolvimento de instrumentos como o “*astrolábio*”, um instrumento de

cálculo, medição e observação utilizado para a determinação de posição dos astros no céu e para a indicação das altitudes e profundidades (Figura 4). Era usado para medições mais precisas, permitindo determinar ângulos verticais e horizontais com maior exatidão e resultando em mapas mais fiéis à realidade (Fontes, 2005; Ghilani; Wolf, 2013).

Figura 4 – Astrolábio



Fonte: Enciclopédia Significados, 2024a

A compreensão da forma da Terra também evoluiu ao longo do tempo, com Eratóstenes³ sendo um dos primeiros a calcular suas dimensões por volta de 200 a.C. Ele usou a observação do Sol em Assuã e Alexandria para calcular a circunferência da Terra. Esse processo foi a base para medições geodésicas subsequentes, que se aproximaram dos valores aceitos hoje (Ghilani; Wolf, 2013).

Antes que fossem inventados trânsito, teodolitos e estação total as direções dos alinhamentos eram determinadas por meio de bússolas. Apesar da bússola ter sido inventa na China no século I d.C., só passou a ser utilizada para navegação no século XI. Inicialmente, o instrumento, conhecido por Si Nan (Figura 5), tinha funções mitigas associadas ao Feng Shui e auxiliava na tomada de decisões.

³ Eratóstenes de Cirene foi um matemático, gramático, poeta, geógrafo, bibliotecário e astrônomo da Grécia Antiga, conhecido por calcular a circunferência da Terra. Nasceu em Cirene, na Líbia, e morreu em Alexandria. Estudou em Cirene, em Atenas e em Alexandria.

Figura 5 – Bússola chinesa Si Nan



Fonte: AMLEF, 2024

A chegada da bússola a Europa, no século XII, é atribuída aos árabes. Foi na cidade italiana de Amalfi que o navegador Flavio Gioia aperfeiçoou a bússola ao formato que conhecemos hoje (MAST, 2024).

Na Topografia, a bússola é utilizada como um goniômetro destinado a medir diretamente ângulos azimutais e, indiretamente, ângulos entre alinhamentos (Pinto, 1992). É formada por uma agulha magnética livremente suportada no centro de um círculo horizontal graduado ou limbo tendo a representação da rosa dos ventos. O limbo é graduado de 0° a 360° ou de 0° a 90° , a partir do norte e do sul para leste e oeste (Espartel, 1987; Pinto, 1992).

Nos séculos XVIII e XIX, ocorreram rapidamente avanços devido à necessidade de mapas precisos e delimitação de fronteiras nacionais. O levantamento geodésico foi iniciado, e várias nações, incluindo a Inglaterra e a França, conduziram estudos abrangentes que envolveram triangulação precisa⁴. Isso levou ao

⁴ A triangulação é um método utilizado em diversas disciplinas para determinar a posição de um ponto no espaço com base em medições de ângulos. As unidades de triangulação funcionam com base na medição precisa de ângulos e distâncias entre vértices. Esses dados são utilizados para calcular as coordenadas geográficas dos pontos e criar mapas precisos.

estabelecimento de monumentos de referência em todo o país. Conhecido por ser o período óptico-mecânico dominado por instrumentos como o teodolito, impulsionando a técnica da fotogrametria e a utilização de satélites para posicionamento e orientação (Fontes, 2005; Ghilani; Wolf, 2013).

O teodolito (Figura 6), instrumento topográfico óptico-geodésico representa um marco na precisão das medições topográficas. Com sua finalidade principal de medir os ângulos horizontais e verticais, possibilita obter tanto a distância horizontal entre dois pontos quanto a diferença de nível entre os mesmos. Esse equipamento é formado por um sistema de eixos, círculos graduados, luneta de visada e níveis de bolha. Com a incorporação da eletrônica moderna aos teodolitos, possibilitando medições mais rápidas e precisas, bem como a automação de cálculos, levando os teodolitos a novo patamar de eficiência (Espartel, 1987).

Figura 6 – Teodolito



Fonte: Leilão Naiara Santos, 2023

Conhecida também por taqueômetro eletrônico, a estação total, se destaca como um equipamento que revolucionou o campo desde sua introdução na década de 1970. Ela é um instrumento óptico-eletrônico que combina as funções de um teodolito, taquímetro e distanciômetro em um único dispositivo, permitindo medições precisas e eficientes, e transmitem os resultados em tempo real a um computador embutido (Ghilani; Wolf, 2013).

A microeletrônica e a informática, no entanto, representaram uma verdadeira revolução na Topografia. A substituição dos componentes mecânicos por eletrônicos resultou em instrumentos mais confiáveis, sensíveis e precisos, como os receptores

GNSS (Global Navigation Satellite System – Sistema de Navegação Global via Satélite) que podem determinar com rapidez e precisão a posição de pontos em qualquer lugar na Terra. Consiste em uma constelação de satélites que circunda a Terra, fornecendo informações de posicionamento em tempo real para uma ampla variedade de aplicações. Inicialmente, sua utilização estava restrita a fins militares, porém, com o passar do tempo, sua aplicação foi estendida para fins civis. Sua missão principal é fornecer informações de localização em tempo real, abrangendo áreas como navegação, mapeamento, Geodésia, agricultura de precisão e monitoramento ambiental, entre outras inúmeras aplicações (Fontes, 2005; Gomes, 2001).

No século XX, o surgimento do GNSS, na década de 1970, foi um divisor de águas, proporcionando precisão sem precedentes nas medições topográficas em escala global. Com as tecnologias modernas, como scanners a laser terrestres e drones equipados com sensores geoespaciais, a coleta de dados geoespaciais se tornou mais ágil, eficiente e precisa, transformando a maneira como os profissionais lidam com terrenos e mapeamento. Os scanners a laser foram originados das teorias de Albert Einstein sobre a emissão estimulada de luz, uma ferramenta versátil que emite feixes de luz altamente concentrados e monocromáticos, com a primeira demonstração prática do laser sendo realizada em 1960, quando Theodore Maiman construiu o primeiro laser funcional. Os drones são aeronaves não tripuladas equipadas com sensores geoespaciais desenvolvidos para fins militares e de pesquisa aeroespacial durante a Primeira Guerra Mundial. Inicialmente, eram controlados por rádio, no decorrer da Guerra Fria sucederam avanços significativos, e os drones passaram a ser usados para missões de reconhecimento e até mesmo para vigilância nuclear, sendo posteriormente adaptados para usos civis (Ferreira *et al.*, 2020; Leite; Santos; Figueiredo, 2021).

Essas tecnologias permitem a geração de modelos tridimensionais detalhados e mapas de alta precisão. Se antes a precisão das medidas era dada pela precisão gráfica, pois o erro admissível aumenta à medida que a escala diminui (Espartel, 1987), a sua precisão passou a ser mais acurada, por meio do desenho digital a sua escala é feita em escala real, mantendo a dimensões verdadeira enquanto digital visto que na concepção da impressão perde definição.

Nos últimos anos, a Topografia foi profundamente impactada pela tecnologia digital e pela automação. A introdução de *softwares* de modelagem tridimensional e

sistemas de sensoriamento remoto permitiu a geração de mapas e modelos precisos de terrenos, melhorando a análise e o planejamento de projetos de engenharia e construção. Com a incorporação da tecnologia BIM, é aumentada grandemente a integração de dados topográficos em projetos de construção, facilitando a criação de modelos digitais detalhados que incorporam informações sobre geometria, materiais, cronograma e custos.

2.1.2 Norma técnica de levantamentos topográficos

As atividades de levantamentos topográficos desempenham um papel crucial na aquisição de informações espaciais precisas e confiáveis, utilizadas em diversos setores, desde a engenharia civil até a gestão do território. Para assegurar a consistência e a exatidão desses dados, a adoção de normas técnicas é de suma importância. Essas normas estabelecem diretrizes que abrangem desde os métodos de medição até a apresentação dos resultados, assegurando a interoperabilidade e a confiabilidade das informações.

As normas técnicas abordam aspectos essenciais para o desenvolvimento de atividades nas áreas de geomensura, como a especialização de equipamentos e instrumentos, os procedimentos adequados para medições e a importância do georreferenciamento para a integração de dados. Além disso, essas normas fornecem orientações para a apresentação dos resultados de maneira clara e eficaz. Não menos importante, estabelecem critérios rigorosos de precisão e tolerância, assegurando que os dados adquiridos sejam confiáveis para uso em projetos e análise.

No cenário internacional, a Organização Internacional de Normalização (ISO) emerge como uma referência inestimável. A norma ISO 17123 exemplifica tal importância, ao detalhar os requisitos essenciais para equipamentos e procedimentos de medição utilizados em levantamentos topográficos. Essa Norma, dividida em partes específicas, inclui abordagens para teodolitos, níveis, equipamentos ópticos de distância e posicionamento GNSS, visando garantir que os instrumentos utilizados cumpram padrões internacionais de precisão e confiabilidade.

Para estabelecer a metodologia de um levantamento topográfico, devem-se considerar a sua finalidade básica e as dimensões da área a ser levantada, enquadrado o levantamento topográfico em uma das seguintes classes: cadastral

territorial, topográfico altimétrico, topográfico planimétrico e topográfico planialtimétrico (ABNT, 2021). O scanner a laser terrestre (LST) pode ser utilizado para levantamentos de detalhes, desde que o registro das cenas seja apoiado em pontos implantados com GNSS ou com poligonais com estação total, permitindo a análise da acurácia do ajustamento.

A escolha do método empregado deve considerar a acurácia da posição a determinar; a precisão nominal dos receptores conforme fabricante; a influência de fatores como a refração atmosférica, o multicaminhamento, a obstrução de sinais, o número de satélites visíveis e a geometria entre satélites e receptor(es), entre outros. O apoio topográfico planimétrico pode ser implantado com a utilização da tecnologia GNSS ou de método convencional. Nessa implantação é requerida a vinculação a dois ou mais pontos intervisíveis transportados da rede geodésica (SGB) ou de redes oficiais a ela vinculadas (ABNT, 1994).

Os métodos clássicos (poligonais, irradiação, interseções ou ordenadas sobre uma linha-base), com tecnologia GNSS ou com scanner, são destinados à determinação das posições planimétrica e/ou altimétrica dos pontos, para permitir a determinação do terreno a ser levantado a partir do apoio topográfico. Estes métodos podem conduzir, simultaneamente, à obtenção da planimetria e da altimetria, ou então separadamente, se condições especiais do terreno ou exigências de o levantamento assim permitirem. Independentemente do método e da tecnologia adotados, a propagação das precisões deve ser feita desde os vértices do apoio até os pontos de detalhes medidos, podendo ser de forma simplificada (ABNT, 1994).

2.2 A TECNOLOGIA BIM

BIM é o conjunto de tecnologias e processos integrados que permite a criação, utilização e atualização de modelos digitais de uma construção, de modo colaborativo, servindo a todos os participantes do empreendimento, potencialmente durante todo o ciclo de vida da construção (MDIC, 2018).

O BIM engloba todo o ciclo de vida de uma edificação, desde os estágios iniciais de concepção até as fases de construção, instalação e manutenção. Esta abordagem tem como objetivo beneficiar todos os participantes do projeto, permitindo a coleta de informações de alta qualidade, a quantificação de materiais, a estimativa

de custos e prazos, a segurança e a realização de diversas análises antes da execução efetiva da obra. A utilização dos simuladores do BIM aumenta a confiabilidade dos projetos e dos processos de planejamento e controle de obras. A implementação do projeto, juntamente com suas especificações técnicas e orçamento, pode ser realizada de forma coordenada e colaborativa. Isso resulta em um aprimoramento significativo na capacidade de visualizar, analisar e harmonizar os componentes de várias disciplinas. Qualquer melhoria em uma disciplina pode ser rapidamente incorporada às outras, transmitindo todas as dimensões, geometria e informações relacionadas a essa alteração. Isso facilita a análise, atualização e ajuste eficientes de todas as disciplinas e do orçamento. Isso se traduz em uma possível compatibilização de várias disciplinas e prevenção de erros, corrigindo inconsistências ainda na fase de planejamento (MDIC, 2018; Smith, 2018).

Em 1974, o professor Charles M. Eastman e sua equipe desenvolveram o conceito de Building Description System (BDS), que apontava para a possibilidade de representar edifícios por meio de descrições baseadas em computador, aprimorando os processos de elaboração de projetos, construção e operação, enquanto eliminava as limitações dos desenhos tradicionais. Esse conceito abriu caminho para a adoção de Computer-Aided Design (CAD), marcando a transição dos projetos em papel para a utilização de sistemas computacionais capaz de realização produção de geometrias em 2D e/ou 3D, com base nas coordenadas X, Y e Z, proporcionando um ambiente digital para desenvolver e aprimorar projetos (Farias, 2021; SAEPRO, 2020).

A evolução continuou com G. A. Van Nederveen e F. P. Tolman, que, em 1992, introduziram a ideia de modelagem da construção e de informações para fundamentar um modelo de construção, considerando perspectivas diversas dos participantes do projeto. Esse foi o primeiro uso do termo “Modelling Building Information”, que pavimentou o caminho para o BIM. A partir daí, ocorreu uma mudança de paradigma, passando de abordagens independentes de aspectos do projeto para tratamentos integrados das informações na construção (SAEPRO, 2020).

A empresa húngara Graphisoft, em 1984, implementou o conceito BIM em seu programa ArchiCAD, permitindo a criação de modelos virtuais para representar edifícios. Outros avanços se seguiram, incluindo a introdução do modelo paramétrico em programas e sistemas, como o Pro/Engineer, atualmente referido como PTC Creo. Este sistema é um conjunto de soluções que oferece *software* de CAD/CAM/CAE/2D

e 3D integrados (PTC, 2024). Posteriormente, houve o desenvolvimento do *software* Revit, em 2000. A aquisição da companhia que criou o Revit pela Autodesk, em 2002, revolucionou ainda mais o mundo BIM, com a introdução da quarta dimensão, o tempo, nas representações dos modelos (Gonzáles, 2019).

O BIM se consolidou como uma abordagem essencial para a construção, possibilitando a elaboração de modelos complexos e colaborativos. Existe uma variedade de *software* BIM disponível para cálculos, modelagem, navegação, verificação e visualização, promovendo uma transformação significativa na indústria da construção (Gonzáles, 2019). Os *softwares* introduziram o conceito de famílias, coleções de objetos construtivos com atributos específicos. Essas famílias podem ser armazenadas e reutilizadas em outros projetos, proporcionando um ganho de produtividade a longo prazo. No entanto, é importante considerar que toda evolução traz desafios. O treinamento de equipes e a adaptação a um *software* mais complexos demandam investimento inicial e tempo. Além disso, requerem equipamento robustos, o que pode acarretar custos adicionais (Gomes, 2019).

O BIM é uma metodologia que transcende a criação de simples desenhos tridimensionais, integrando várias camadas de informação, conhecidas como dimensões. Esta abordagem foi destacada por Nell Calvert, em 2013. O BIM pode variar desde a 2D Gráfica até nD, dependendo do contexto de aplicação. O Calvert identificou seis dimensões principais do BIM (Costa, 2016; Pereira, 2017).

A dimensão 2D Gráfico representa as dimensões do plano onde as plantas do empreendimento são graficamente expressas. A dimensão 3D Modelo é caracterizada pela Modelagem Paramétrica, que permite uma visualização aprimorada do projeto, facilita a comunicação entre as equipes e minimiza a necessidade de retrabalho. A dimensão 4D Planejamento envolve a programação temporal, o que contribui para uma melhor gestão do tempo e detecção antecipada de conflitos (Costa, 2016; Garibaldi, 2020; Pereira, 2017).

A dimensão 5D, voltada para o Orçamento permite a extração precisa de custo ao longo do tempo, fornecendo relatórios regulares para manter o projeto dentro dos limites orçamentários. A dimensão 6D, centrada na sustentabilidade, leva em consideração o ciclo de vida do ativo, fornecendo dados para decisões mais precisas em tempos de custos e sustentabilidade. Por último, a dimensão 7D Gestão e

Manutenção consolidam informações relevantes para garantir a qualidade dos serviços durante todo o ciclo de vida do projeto. O 7D BIM facilita a manutenção eficiente, simplifica processos e permite a substituição fácil de peças (Costa, 2016; Garibaldi, 2020; Pereira, 2017).

A construção civil é um dos setores mais importantes e complexos da economia brasileira, que envolve diversos profissionais, processos e recursos. No entanto, também é um dos setores mais atrasados em termos de inovação e produtividade, enfrentando problemas como custos elevados, prazos estourados, desperdícios, erros, retrabalhos e impactos ambientais. Para superar esses desafios, surge a tecnologia BIM, que promete revolucionar o modo de projetar, construir e gerenciar obras.

No contexto internacional, a tecnologia BIM exerce uma notável influência no desenvolvimento da Construção Civil. Essa influência representa um passo fundamental na busca pela padronização e coordenação de esforços para a adoção do BIM, levando em consideração também o marco legal associado a ele. A ISO desempenha um papel central na elaboração de normas que orientam a implementação global do BIM. Essas normas ISO têm uma ampla abrangência, abordando desde os princípios fundamentais até a estruturação de catálogos eletrônicos e a gestão da informação em projetos. Diretrizes como a ISO 29481-1 e ISO 29481-2 enfatizam a importância da comunicação eficaz e da interação entre os diversos *stakeholders* envolvidos nos projetos BIM.

No Brasil, está sendo fortemente moldado por meio de uma série de decretos, relativos à Estratégia BIM BR, e normas, como a NBR 15965, que tem como objetivo estabelecer diretrizes e regulamentos que direcionem a sua implantação e utilização eficazes. Com o objetivo de disseminar e implementar a metodologia BIM, tanto em obras públicas quanto privadas, o Governo Federal do Brasil publicou, em maio de 2018, o Decreto nº 9.377/2018, que instituiu uma estratégia composta por metas a serem cumpridas em três etapas, visando a criação de um ambiente propício ao investimento em BIM e sua ampla adoção no país (Brasil, 2018). Dado o *status* do Brasil como uma das potências na indústria da construção civil global, a otimização dos processos construtivos e a compatibilização de projetos ganham ainda mais relevância, não apenas a nível nacional, mas também internacional.

Como uma base sólida desse marco legal, destaca-se o Decreto nº 9.983, emitido em 22 de agosto de 2019. Esse decreto não apenas estabelece a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling (Estratégia BIM BR), mas também representa um passo crucial em direção à padronização e à coordenação de esforços para a adoção do BIM no contexto brasileiro de construção e engenharia (Brasil, 2019). Além disso, o Decreto nº 10.306, datado de 02 de abril de 2020, intensifica ainda mais a incorporação do BIM nas operações da administração pública federal, especificando o seu uso direto ou indireto na execução de obras e serviços de engenharia. Essas ações, aliadas à Estratégia BIM BR, estabelecem um ambiente altamente propício para a integração sistemática do BIM no panorama da construção do país (Brasil, 2020).

O uso do BIM dentro do Brasil tem se expandido, com o apoio do governo e de entidades no setor da construção civil. No dia 22 de janeiro de 2024, foi publicado o Decreto nº 11.888, que dispõe sobre a Estratégia BIM BR. Esse documento institui uma abordagem integrada de processos e tecnologias para a criação, utilização e compartilhamento colaborativo de modelos digitais de construção ao longo de seu ciclo de vida. A iniciativa visa promover um ambiente propício ao investimento em BIM e sua ampla adoção no país (Brasil, 2024).

A Estratégia delineada prevê três ações fundamentais: a estruturação do setor público para a implementação do BIM, a capacitação e formação de profissionais em BIM, e o estímulo ao desenvolvimento de novas aplicações do BIM (Economia, 2024). Os objetivos traçados refletem a abrangência e a importância dessa abordagem para o setor da construção no Brasil.

Entre os destaques, estão a disseminação do BIM e seus benefícios; a estruturação em diferentes níveis da administração pública, incentivando sua adoção em projetos governamentais; a criação de um ambiente favorável para investimentos públicos e privados em BIM, promovendo a inovação e a eficiência na construção. Reconhece-se a importância da formação técnica especializada para lidar com as nuances do BIM, fortalecendo a força de trabalho no setor. Propõe-se a criação de normas que estabeleçam parâmetros para aquisições públicas, incentivando a padronização e a qualidade nos processos. Há também orientações para o desenvolvimento de normas técnicas e apoio à elaboração de guias e protocolos específicos, contribuindo para a uniformização das práticas. Além disso, destaca-se o

aperfeiçoamento da plataforma e da Biblioteca Nacional BIM, entre outras iniciativas (Brasil, 2024).

Empresas privadas e a construção civil também estão aderindo ao BIM, buscando se destacar no mercado e melhorar a qualidade e a produtividade dos seus projetos. Porém, o BIM no Brasil ainda enfrenta dificuldades, como: falta de padrões e compatibilidade entre os *softwares*, falta de profissionais capacitados e atualizados, resistência cultural à inovação, alto investimento e manutenção, falta de normas e regulamentos, falta de benefícios fiscais e financiamentos.

3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Na era contemporânea da informação, a coleta de dados emerge como uma pedra angular para a compreensão profunda do mundo. Avanços tecnológicos e metodológicos conferem uma nova dimensão à forma como adquirimos e interpretamos informações, e os instrumentos dedicados a esse propósito desempenham um papel crucial nesse panorama em constante evolução. Seja nas fronteiras da pesquisa científica, no planejamento urbano ou na engenharia de precisão, a escolha e aplicação adequadas de instrumentos para coleta de dados definem o sucesso de empreendimentos diversos. Ao explorar a riqueza desse universo instrumental, evidenciamos como tecnologias avançadas e métodos tradicionais convergem para exibição de percepções valiosas e moldar o conhecimento.

A seguir, é apresentado diferentes métodos de coleta de dados da topografia.

3.1 INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS TRADICIONAIS

Os instrumentos tradicionais de coleta de dados referem-se a equipamentos manuais que necessitam de um processo de manipulação, importação e processamento de dados de maneira individualizada, pois o formato dos dados gerados dificulta a interconexão entre diversas disciplinas. Porém, é importante ressaltar que os dados coletados por instrumentos topográficos tradicionais também podem ser usados em *softwares* BIM.

A seleção dos instrumentos para este estudo foi realizada considerando os instrumentos atualmente em uso, e está baseada na evolução temporal e tecnológica dos equipamentos empregados nos trabalhos topográficos e nos procedimentos de produção da informação topográfica a partir dos dados coletados.

3.1.1 Teodolito

Sendo um dos pioneiros instrumentos topográficos para a realização de levantamentos com medições detalhadas e precisas, o teodolito é uma ferramenta essencial para profissionais que lidam com medições precisas de ângulos em diversas disciplinas, desempenhando um papel fundamental em projetos que requerem precisão e exatidão nas medições geoespaciais.

Caracterizado por ser um instrumento óptico-geodésico montado sobre um tripé. Ele possui um telescópio com retículo com a finalidade primordial a medição de ângulos, juntamente com uma base giratória para movimentos horizontais e uma plataforma perpendicular para movimentos verticais. No século XIX, a introdução de escalas vernier e, posteriormente, escalas micrométricas, elevou ainda mais a precisão dos teodolitos (Espartel, 1987). Existem muitas variações de teodolito, incluindo modelos ópticos tradicionais e teodolitos eletrônicos (Figura 7).

Figura 7 – Teodolito Eletrônico



Fonte: Furtado; Schmidt, 2021.

Espartel (1987) explicita dois componentes cruciais dos teodolitos mecânicos: a luneta e o limbo. A luneta opera com duas imagens convergentes. A primeira,

chamada de objetiva, é usada para fornecer uma imagem real de um objeto. A segunda, conhecida como ocular, funciona com uma lupa, ampliando as dimensões da imagem fornecida pela objetiva. O limbo, por outro lado, possui um sistema para verificar os ângulos, chamado vernier ou nônio. Nos instrumentos goniométricos, as dimensões dos limbos metálicos não permitem uma avaliação precisa de divisões menores que 10 a 15 minutos, essas medições em graus e minutos, têm uma precisão muito menor do que as tecnologias mais recentes. Para obter a fração complementar da menor divisão do limbo, utiliza-se o nônio ou vernier (Sousa; Rosa, 2019).

A precisão do teodolito é notável, muitas vezes alcançando frações de segundo de arco, o que é essencial em projetos que exigem alta exatidão. A qualidade dos dados obtidos com um teodolito é excepcional, garantindo que as medições sejam confiáveis e consistentes. Concomitante, o tempo de coleta de dados com um teodolito pode variar dependendo da complexidade do projeto. Projetos que envolvem um grande número de pontos ou ângulos podem demandar mais tempo, enquanto projetos simples podem ser concluídos rapidamente. O uso do teodolito requer treinamento e habilidade por parte do operador. O esforço humano está envolvido na configuração do instrumento, alinhamento preciso e leitura dos dados. Quando ao custo, os teodolitos variam em preço, com modelos eletrônicos sendo geralmente mais caros devido à incorporação de tecnologias mais avançadas.

3.1.2 Estação total

A estação total é um dispositivo óptico-eletrônico que combina as funções de um teodolito e distanciômetro em um único dispositivo. Sua principal função é a coleta precisa de dados topográficos cruciais para elaboração de mapas de alta precisão para terrenos, edifícios, estradas e outros elementos. Essas medições são realizadas por meio de feixes de luz e sinais eletrônicos que são enviados e recebidos pelo instrumento. Além de sua capacidade de calcular automaticamente e exibir os componentes horizontal e vertical de distâncias inclinadas, bem como as coordenadas de pontos visados, as estações totais podem ser operadas no modo de rastreamento. Esse modo, às vezes denominado locação (*stakeout*), permite informar uma distância desejada, seja horizontal, vertical ou inclinada, por meio do painel de controle

embutido, tornando esse recurso extremamente valioso, especialmente em atividades de demarcação de construção (Ghilani; Wolf, 2013).

Existem diversos tipos de estações totais (Figura 8) disponíveis no mercado, incluindo modelos convencionais, robóticos e com capacidades avançadas de digitação a laser. A escolha do tipo de estação total depende das necessidades específicas do projeto. A precisão é uma característica crucial deste equipamento. Modelos modernos podem atingir precisões milimétricas em distâncias curtas e centimétricas em distâncias mais longas, alguns também são equipados com recursos avançados, como sistemas de posicionamento via satélite, que aumentam ainda mais a precisão das medições. Esses recursos permitem que os operadores obtenham coordenadas geográficas precisas e facilitam o processamento e a análise dos dados coletados (Ghilani; Wolf, 2013).

Figura 8 – Estação Total



Fonte: Giovanini, 2022a

No entanto, a qualidade dos resultados está intrinsecamente ligada à adequada calibração, à competência do operador e às condições ambientais. Fatores climáticos, como chuva intensa, neblina, ventos fortes, temperatura e pressão atmosférica, podem influenciar nas medições realizadas. Essas condições podem interferir na visibilidade, na estabilidade e na precisão do instrumento causando erros nos resultados.

O período necessário para a coleta de dados utilizando a estação total pode variar significativamente, dependendo do tamanho da área a ser mapeada, da complexidade do terreno e da quantidade de detalhe requerido. No entanto, em comparação com os teodolitos, a estação total costuma permitir uma coleta de dados mais ágil e eficaz. Ademais, os dados coletados com a estação total podem ser armazenados de forma automática, graças ao microprocessador, um coletor de dados eletrônico e um sistema de armazenamento de dados, esses componentes possibilitam que o instrumento realize cálculos internos e armazene as informações na sua memória interna. Desta forma, os dados podem ser transferidos para um computador e manipulados em *softwares* específicos para análise posterior, compartilhamento e geração de da representação gráfica (Giovanini, 2022a) No que tange ao esforço humano e custo, a estação total minimiza significativamente o esforço necessário para a obtenção dos dados em comparação com os teodolitos. Contudo, seu custo é relativamente elevado, especialmente para modelos mais avançados com recursos adicionais, como digitalização a laser e GNSS integrado.

3.1.3 Receptor GNSS

O Sistema de Navegação Global via Satélite (GNSS) é um sistema que emprega uma rede de satélites para determinar a localização precisa de um objeto ou indivíduo por meio de coordenadas geográficas. O GNSS é composto por diversos sistemas de satélites que são interoperáveis, possibilitando medições exatas e confiáveis. Entre eles, tem-se:

1. sistema norte americano NAVSTAR GPS (Global Positioning System);
2. sistema russo GLONASS (Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema);
3. sistema Europeu Galileo;
4. Sistema chinês BDS (BeiDou Navigation Satellite System);
5. Sistema indiano IRNSS (Indian Regional Navigation Satellite System) ou NaviC (Navigation Indian Constellation); e
6. sistema japonês QZSS (Quase-Zenith Satellite System).

Para o funcionamento do GNSS, é necessário um receptor e, no mínimo, quatro satélites visíveis no céu. O receptor recebe os sinais emitidos pelos satélites e

calcula as distâncias entre eles e o receptor, utilizando o método de trilateração. Com base nessas distâncias, o receptor estabelece suas coordenadas (x, y, z) e o tempo (t) no mesmo sistema de referência dos satélites (CTP Tecnologias, 2019). Com uma gama diversificada de receptores (Figura 8), desde dispositivos portáteis de mão, ideais para aplicações cotidianas, até receptores de alta precisão, especialmente projetados para aplicações geodésicas que exigem acurácia extrema. Adicionalmente, variantes do sistema como o Differential GPS (DGPS), aprimoram a precisão ao utilizar estações terrestres de referência. O Real-Time Kinematic (RTK), por sua vez, proporciona precisão subcentimétrica, atendendo a aplicações de alta precisão (Gomes, 2001).

A precisão do posicionamento por GNSS é influenciada por diversos fatores, como a geometria dos satélites, a correção de erros, o método de posicionamento, a qualidade do receptor e o tipo de ambiente. Receptores de alta precisão são capazes de fornecer coordenadas com precisão submilimétrica, enquanto dispositivos de consumo podem oferecer um nível ligeiramente menor de acurácia (CPE Tecnologias, 2019). O GNSS topográfico (Figura 9) é composto por dois receptores (base e rover) e um coletor de dados (Figura 10).

Figura 9 – Par de Receptores



Fonte: GPSolution, 2023

Figura 10 – Coletora de dados GNSS



Fonte: Giovanini, 2024

Existem diferentes métodos de posicionamento por GNSS, como o posicionamento absoluto, que requer um único receptor, estático ou em movimento, e realiza o cálculo das coordenadas em tempo real. Há também o posicionamento por ponto preciso, que, assim como o absoluto, utiliza um único receptor, estático ou em movimento. No Brasil, o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) oferece o serviço de PPP online, onde o usuário pode enviar os dados através do site do IBGE. Por fim, há o posicionamento relativo, que utiliza dois ou mais receptores que devem rastrear simultaneamente pelo menos quatro satélites em comum. Neste método, um receptor é instalado em um ponto de coordenadas conhecidas, chamado BASE, enquanto outros receptores, chamados ROVER, são instalados no ponto a ser determinado. A BASE e o ROVER devem trabalhar sincronizados, realizando medições simultâneas. Esses métodos variam em termos de complexidade, custo e acurácia (CPE Tecnologias, 2019).

O GNSS não apenas facilita o compartilhamento de dados, mas também oferece uma variedade de opções para exportação. As coordenadas registradas

podem ser exportadas em uma variedade de formatos, incluindo TXT,⁵ DXF⁶, SHP⁷, KML⁸, GPX⁹ e CSV.¹⁰ A escolha do formato depende de vários fatores, como o tipo de receptor, o *software* utilizado e o método de posicionamento. Esses dados podem ser facilmente compartilhados por meio de dispositivos móveis, computadores ou serviços de armazenamento em nuvem. Além disso, os formatos de dados podem ser convertidos entre si usando ferramentas *online* ou *softwares* de geoprocessamento, como QGIS e ArcGIS. A escolha do formato de dados a ser usado depende de vários fatores. Isso inclui o tipo de dados, o propósito do uso, a compatibilidade do *software* e o tamanho do arquivo. Portanto, o GNSS oferece flexibilidade e conveniência no compartilhamento e uso de dados geoespaciais.

O GNSS impulsiona a coleta de dados ao simplificá-la e acelerá-la, gerando informações digitais de maneira eficiente, prática e rápida. Este aspecto contribui para mitigar erros inerentes à transferência de dados de dispositivos ópticos para *softwares* de cartografia, resultando em levantamentos topográficos de alta precisão e eficiência. É caracterizado por sua precisão, evidenciada pela baixa diferença entre a medição recebida e a posição real; sua integridade, demonstrada pela capacidade do sistema emitir um alerta quando detectar uma medição anormal; sua continuidade, garantida pela operação ininterrupta do sistema; e a disponibilidade, refletida no alto percentual do tempo que o sistema preenche os requisitos mencionados (IBGE, 2024).

⁵ TXT: é um formato de texto simples que armazena dados em linhas separadas por quebras de linha. Pode ser usado para armazenar dados alfanuméricos, como coordenadas. É um formato leve e compatível com a maioria dos *softwares* de geoprocessamento.

⁶ DXF: é um formato de desenho vetorial que armazena dados geométricos e atributos de entidades gráficas, como pontos, linhas, polígonos etc. É um formato padrão do *software* AutoCAD, mas pode ser lido por outro *software* de geoprocessamento.

⁷ SHP: é um formato de arquivo vetorial que armazena dados geométricos e atributos de feições espaciais, como pontos, linhas, polígonos etc. É um formato padrão do *software* ArcGIS, mas pode ser lido por outro *software* de geoprocessamento.

⁸ KML: é um formato de arquivo baseado em XML que armazena dados geográficos e de visualização, como pontos, linhas, polígonos, estilos, ícones etc. É um formato padrão do *software* Google Earth, mas pode ser lido por outro *software* de geoprocessamento.

⁹ GPX: é um formato de arquivo baseado em XML que armazena dados de navegação e rastreamento, como pontos, rotas, trilhas etc. O GPX é um formato padrão de alguns dispositivos GPS, mas pode ser lido por outros *softwares* de geoprocessamento.

¹⁰ CSV: é um formato de arquivo que armazena dados em tabelas separadas por vírgulas ou outros delimitadores. O CSV pode ser usado para armazenar dados alfanuméricos, como coordenadas, nomes, descrições etc. O CSV é um formato compatível com a maioria dos *softwares* de geoprocessamento.

3.2 INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS UTILIZADOS PELA TECNOLOGIA BIM

Os instrumentos topográficos empregados pela Tecnologia BIM são equipamentos digitais que possibilitam uma integração direta, promovendo interoperabilidade e consistência entre as diversas disciplinas. Neste contexto, os dados coletados por esses instrumentos podem ser exportados e processados de forma padronizada.

Para este estudo específico, a seleção dos instrumentos foi orientada pela análise da evolução temporal e tecnológica dos equipamentos utilizados nos trabalhos de topografia e no processo de produção de informações topográficas a partir dos dados coletados. Este processo de seleção tem como objetivo assegurar uma transição suave dos métodos tradicionais para as práticas mais avançadas e integradas proporcionadas pela tecnologia BIM.

3.2.1 Scanner a Laser

O scanner a laser é uma tecnologia revolucionária que possibilita a realização de levantamentos topográficos de maneira rápida e precisa. Ele opera emitindo um feixe de luz para medir a distância entre o equipamento e o objeto ou terreno que está sendo mapeado. O resultado é uma nuvem de pontos tridimensional que retrata a forma e o relevo da área de interesse.

De acordo com Ferraz, Reis e Souza (2016), Dalmolin (2004) e Tommaselli (2003), o funcionamento do scanner a laser se baseia em princípios de triangulação. Em uma configuração de triangulação, a posição do objeto é determinada pela medição do ângulo e da distância do feixe de laser refletido na superfície. Alternativamente, o laser pode operar com base no princípio do “*time of flight*” ou intervalo de tempo, onde a distância é calculada medindo o tempo que o laser leva para atingir a superfície e retornar. Além disso, os ângulos de varredura dos pulsos são registrados, juntamente com a posição do sensor, permitindo o cálculo das coordenadas tridimensionais dos pontos na superfície do objeto. Essas informações, expressas em coordenadas polares em relação ao centro de fase do dispositivo, possibilitam a criação de um modelo digital tridimensional (Ferreira *et al.*, 2020).

O objetivo principal do scanner a laser na topografia é a medição precisa de distâncias, ângulos e coordenadas. A precisão desse modelo pode chegar à ordem dos micrômetros, permitindo a determinação da posição do objeto escaneado por meio do processamento computacional. Este processo envolve o uso de algoritmos e técnicas de computação para analisar e interpretar os dados coletados pelo scanner a laser, resultando na geração de um modelo topográfico 3D.

O sistema de varredura a laser pode ser dividido em três componentes principais: a unidade de medição laser (Figura 11), responsável por emitir e receber o sinal laser; um sistema de varredura óptico-mecânico (Figura 12); e uma unidade de registro de medições de apoio (Wutke, 2006).

Figura 11 – Micrômetro de Varredura Laser



Fonte: Mitutoyo, 2024

Figura 12 – LiDAR¹¹ Mecânico



Fonte: Geosun, 2024

¹¹ O LIDAR (Light Detection and Ranging) é um sensor remoto ativo a bordo de plataformas (tripuladas ou não tripuladas) e um método direto de captura de dados.

Um dos principais benefícios do scanner a laser é a sua produtividade. Enquanto uma estação total convencional coleta no máximo 800 pontos em uma manhã de trabalho, o scanner a laser é capaz de coletar milhares de pontos por minuto (Mirante Engenharia, 2017). Além disso, o scanner a laser oferece uma precisão centimétrica, capturando detalhes que seriam impossíveis de serem obtidos com a topografia clássica. Isso torna o scanner a laser extremamente versátil, sendo capaz de mapear áreas de difícil acesso, como túneis, fachadas, obras de arte e sítios arqueológicos (Giovanini, 2022b).

Existem vários exemplos de como o scanner a laser pode ser usado na topografia. Ele permite, por exemplo, estimar o volume de materiais, como pilhas de minério e terraplenagem. Além disso, o scanner a laser é uma ferramenta valiosa para o levantamento de rodovias, permitindo mapear o terreno com precisão, otimizar o projeto e garantir a segurança. Ele coleta dados detalhados, como elevações e obstáculos, permitindo a adaptação do traçado da rodovia à topografia do terreno (Mirante Engenharia, 2017). O scanner a laser também é útil para verificar a conformidade de uma obra com o projeto original, identificando possíveis desvios ou falhas. Ele pode ser usado para documentar o estado atual de uma construção, como uma barragem, um túnel ou um edifício (Giovanini, 2024).

Os dados coletados com o laser podem ser facilmente compartilhados em formatos digitais, facilitando a colaboração entre profissionais e equipes do projeto. Isso economiza tempo e recursos na troca de informações e na tomada de decisões. No entanto, o uso do laser na topografia requer um esforço humano significativo, incluindo o planejamento da coleta de dados, a configuração dos equipamentos e a interpretação dos resultados. O custo dos equipamentos pode ser elevado, especialmente para tecnologias de alta precisão e alcance.

O scanner a laser, com suas diversas aplicações em campos como engenharia, arquitetura, mineração, arqueologia e patrimônio histórico, revolucionou a maneira como realizamos levantamentos topográficos. Este equipamento pode ser usado tanto de forma estática quanto em movimento, sendo instalado em veículos, drones ou aviões.

3.2.3 Drone

A topografia aérea com drones (Figura 13) é uma técnica que se baseia na captura de imagens aéreas de alta resolução e na utilização de sensores integrados aos drones para coletar dados topográficos, tendo pontos de controle obtidos por receptores GNSS, para melhorar a acurácia dos dados. As imagens capturadas são processadas por *softwares* especializados, resultando na criação de modelos digitais do terreno e nuvens de pontos. Isso possibilita a geração de mapas e a análise precisa e detalhada de dados topográficos (Aero, 2023).

Figura 13 – Drone



Fonte: Drone Visual e juniorbezerra46, 2021

A utilização de drones na topografia aérea oferece vários benefícios, como maior precisão na captura de imagens de alta resolução e coleta de dados, agilidade no processo de coleta de dados, redução do tempo necessário para realizar a topografia, diminuição de custos em comparação com métodos tradicionais, segurança ao evitar que os profissionais precisem acessar áreas perigosas ou de difícil acesso, e versatilidade para operar em diversos terrenos e condições climáticas (Aero, 2023).

Para a topografia aérea com drones se fazem necessários: i. regulamentações específicas para o uso comercial de drones; ii. capacitação profissional para lidar com a tecnologia e *softwares*; e iii. licenciamento para pilotar o drone. Deve-se ficar atento às limitações técnicas dos próprios drones em termos de autonomia, capacidade de carga e resistência a condições climáticas adversas e impossibilidade de mapeamento de mata densa (Aero, 2023).

Existem diferentes tipos e modelos de drones utilizados na topografia aérea, cada um com características específicas. Estes incluem multirotores para estabilidade e precisão em áreas pequenas, asas fixas para maior autonomia e cobertura de áreas extensas, drones híbridos que combinam características de multirotores e asas fixas, e drones equipados com sensores específicos como o LiDAR e câmeras de alta resolução (Aero, 2023).

O mapeamento aéreo pode ser realizado com diferentes tipos de drones, até mesmo com alguns mais básicos ou antigos; basicamente qualquer drone com câmera integrada, GNSS, *software* e possibilidade de realizar voos automatizados pode ser utilizado para o mapeamento aéreo e gerar mapas e modelos em 3D (Drone Visual; JUNIORBEZERRA46, 2021). Ao escolher um drone, é essencial considerar o tipo de drone (multirotores ou asas fixas), a câmera (preferencialmente com sensores RGB ou multiespectrais), a resolução da câmera e a autonomia da bateria, levando em conta as necessidades específicas do projeto (Mappa, 2022).

A topografia com drones tem o mesmo objetivo do levantamento topográfico tradicional, mas difere nas aplicações e nos resultados obtidos. Utilizando a triangulação de pontos expostos do terreno e a classificação de elementos de superfície, a topografia com drones proporciona representações precisas do objeto de levantamento, gerando Modelos Digitais de Terreno (MDT) bidimensionais por meio de mapas ou tridimensionais através de uma malha triangular irregular (malha TIN). O Modelo Digital de Superfície (MDS) inclui todos os dados de elementos na área levantada, possibilitando a criação de modelos 3D de nuvem de pontos altamente detalhados (OrtoPixel, 2021).

4 REPRESENTAÇÃO DA TOPOGRAFIA

Desde os primórdios da civilização, o homem buscou meios de expressar suas ideias e conhecimento através de desenhos e símbolos gravados em uma variedade de materiais, como rochas, ossos, pedra, madeira e argila. Essas manifestações artísticas e informativas, algumas datadas de 60 mil anos atrás, testemunham a inata necessidade humana de se comunicar visualmente. Os desenhos artísticos são criados com base em um modelo ou paisagem, reproduzidos conforme a imaginação do artista, podendo resultar em uma representação precisa

ou não do objeto. Por outro lado, o desenho técnico tem como objetivo principal representar o objeto de forma fiel, de acordo com as necessidades do projeto, transmitindo detalhes técnicos dos elementos da forma mais clara possível. Conforme a capacidade cognitiva e o domínio de instrumentos avançaram, foi possível desenvolver tecnologias que permitiram a criação de materiais mais refinados para servir como suporte para a expressão escrita e visual.

A seguir, são apresentados diferentes métodos de representação gráfica e visual da topografia.

4.1 USO DE MÉTODOS TRADICIONAIS

Os materiais e instrumentos tradicionais destinados à representação gráfica da topografia constituem a essência primordial na criação de visualizações cartográficas. Nesse contexto, caracterizado pela singularidade na autonomia do processo, o trabalho é realizado de maneira individual, muitas vezes exigindo esforço físico mais direto. Esses instrumentos não apenas preservam a tradição da representação gráfica, mas também proporcionam uma abordagem tátil e artesanal que ressoa com a riqueza histórica da cartografia.

A seleção dos métodos para este estudo foi realizada considerando as principais técnicas e materiais empregados nos trabalhos feitos direcionados à topografia e o procedimento de produção da informação topográfica a partir dos dados coletados.

4.1.1 Desenho técnico à mão

O desenho técnico topográfico é uma representação gráfica precisa das características de um terreno, incluindo curvas de nível, pontos cotados, perfis e seções transversais. Este pode ser realizado manualmente, utilizando instrumentos tradicionais como réguas, esquadros, compasso, escalímetro e goniômetro, em conjunto com papel canson, sulfite e vegetal, milimetrado ou quadriculado. Embora esta prática apresente vantagens, como a facilidade de execução e economia de recursos, ela também enfrenta desafios, como a falta de precisão gráfica, de 1/8 ou

1/5 de milímetro; dificuldade de reprodução, alteração e correção; e vulnerabilidade à danos.

O desenho topográfico projeta as medidas coletadas no terreno para o plano do papel (Figura 14), exigindo uma representação fiel dos ângulos em verdadeira grandeza e a redução das distâncias de acordo com uma razão constante. Estas representações são o resultado dos dados coletados durante as atividades de campo, conforme a execução de diferentes serviços topográficos (Gonçalves; Brasil; Neto, 2018).

Figura 14 – Planta cartográfica da cidade do Recife, 1856



Fonte: Xavier, 2017

A prática do desenho técnico topográfico à mão, embora tenha raízes históricas, evoluiu significativamente com o avanço tecnológico. A comparação entre os métodos técnico e digital merece uma análise detalhada, levando em consideração aspectos técnicos, econômicos, eficiência, eficácia e precisão.

A qualificação da equipe é essencial para a execução de desenhos técnicos topográficos à mão. O treinamento no uso dos instrumentos e na aplicação das técnicas de desenho é crucial, pois exige grande habilidade do desenhista.

A eficiência do desenho à mão pode ser influenciada por vários fatores, dentre eles, a escala de representação e a qualidade e competência do desenhista. O desenho à mão apresenta limitações, como a dificuldade de fazer alterações, sem

refazer todo o desenho, e a exigência de mais tempo e habilidade em comparação com os métodos digitais.

Os dados gerados pelo desenho à mão, geralmente limitados ao papel, podem ser digitalizados para uso em *software* CAD. Em termos de precisão, embora os métodos digitais possam superar o desenho à mão, este ainda é suficiente para muitas aplicações.

4.1.2 CAD

O termo Computer Aided Design (CAD), ou em português, Desenho Assistido por Computador, refere-se a *softwares* que auxiliam na criação de desenhos e projetos no meio digital. Essas ferramentas são amplamente utilizadas por arquitetos, engenheiros e profissionais de diversas indústrias envolvidas na construção civil. Os *softwares* CAD permitem a produção de geometrias em 2D ou 3D, com base nas coordenadas X, Y e Z, proporcionando um ambiente digital para desenvolver e aprimorar projetos (Farias, 2021).

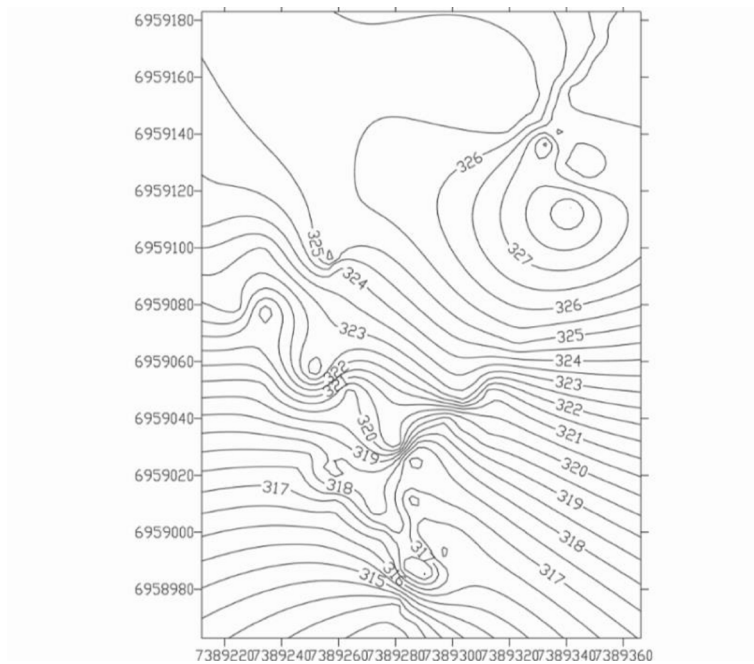
O CAD evoluiu continuamente, passando do 2D para o 3D e expandindo para outras tecnologias, como a metodologia BIM. O CAD é considerado uma ferramenta essencial na construção civil, pois ajuda a aumentar a qualidade dos produtos e reduzir custos. Essas ferramentas permitem modelagens e simulações precisas, além de gerar listas de peças exatas, o que leva a uma redução significativa de gastos. (PLMX, 202?)

As principais vantagens do uso do CAD na construção civil incluem a significativa redução de espaço de trabalho – o método tradicional de pranchetas, lápis e instrumentos de desenho ocupava grandes espaços –; otimização de equipe pela automatização de processos – no passado, desenhar cada prancha manualmente exigia equipes extensas –; redução no tempo de projeto com correções rápidas e edições eficientes – as correções e modificações em projetos manuais eram demoradas e propensas a erros; padronização da representação gráfica – o uso desta tecnologia padroniza a representação de elementos construtivos, facilitando a comunicação entre projetistas e mão de obra (Farias, 2021).

Dentro da área da topografia o CAD é amplamente utilizado para criação de mapas detalhados (Figura 15), desenhos de perfis de terreno e modelos

tridimensionais. A coleta de dados topográficos tradicionais era realizada manualmente, o que exigia um tempo considerável e aumentava o risco de erros. Com o uso deste *software* os dados podem ser coletados por meio de instrumentos de medição eletrônicos, como estações totais e drones, e depois importados diretamente para ele, isso reduz o tempo necessário para coleta de dados e melhora a precisão dos resultados. Além disso, permite a concepção de modelos digitais do terreno, o que facilita o planejamento e a análise de projetos de construção. Os projetos podem simular movimento de terra, identificar interferências e analisar o terreno antes do início da construção. Isso contribui para uma construção mais eficiente e precisa.

Figura 15 – Curvas de nível em AutoCAD



Fonte: BiblioCAD, 2023

Embora o CAD tenha trazido inúmeras vantagens, também apresenta algumas limitações e desafios. A aquisição de *software* CAD e o treinamento da equipe podem representar um investimento inicial significativo. A complexidade dos programas exige treinamento adequado para utilizá-los eficazmente. Além disso, é necessário possuir hardware adequado, como computadores potentes e dispositivos de entrada precisos, o que também eleva o custo para o uso do CAD.

4.1.4 Maquete física

A percepção espacial, segundo Marques (2006, p. 177), implica na relação entre “corpo, forma e espaço”, onde o reconhecimento se dá através da capacidade de compreensão das formas tridimensionais e da elaboração de imagens mentais (Marques; Pimenta, 2015).

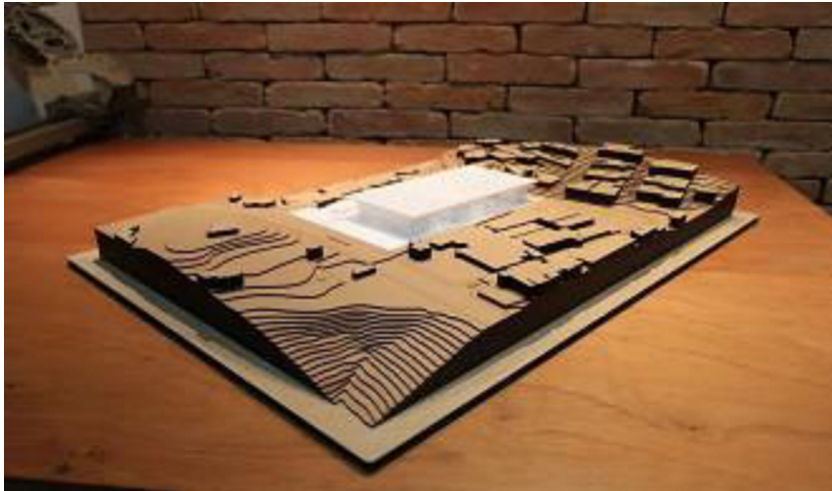
A construção civil é uma área que exige representações precisas e detalhadas dos projetos, e as maquetes desempenham um papel importante nesse processo com a visualização e comunicação de ideias, projetos e conceitos. Elas são representações tridimensionais de um objeto, local ou cena em escala reduzida e têm sido utilizadas ao longo da história.

Sua história remonta a séculos atrás, quando os arquitetos e engenheiros recorriam a modelos em escala para planejar e comunicar suas visões. No entanto, a evolução das técnicas e ferramentas transformou a maneira como as maquetes são construídas e usadas. No passado, as maquetes eram principalmente físicas, elaboradas manualmente com materiais como madeiras, papel e argila. Feitas muito antes da invenção do computador e dos modelos virtuais, os modelos físicos são muito utilizados por serem impactantes. As maquetes eletrônicas são produzidas de modo mais breve e econômico, em comparação às físicas, elas podem ser vistas em papel (impressas como imagens) ou virtualmente, consistindo na criação de ambientes virtuais simulando a realidade e possibilitando a visualização de projetos antes de sua implementação (Sienge, 2020).

A maquete topográfica (Figura 16) tem a função de representar os desníveis do terreno do projeto ou área urbanística estudada, podendo ser acompanhada ou não das edificações do entorno; e as características naturais e artificiais do relevo, incluindo montanhas, vales, rios e estradas. Duas abordagens principais são utilizadas na construção destas miniaturas, a primeira envolve a sobreposição de camadas de curvas de nível, que podem ser cortadas a laser proporcionando um nível de detalhe significativo; a segunda é a usinagem 3D em uma máquina Router CNC¹², que esculpe um bloco de material utilizando modelos 3D desenvolvidos em programas de computadores, como Sketchup, Revit e Rhinoceros (PDstudio, 2020).

¹² CNC é a sigla de Controle Numérico Computadorizado ou Comando Numérico Computadorizado, que se refere ao controle de máquinas ferramentas programáveis por computador.

Figura 16 – Maquete Topográfica



Fonte: PDstudio, 2020.

Com o avanço da tecnologia de impressão 3D, surge uma nova possibilidade de representação e construção de maquetes, que permite a fabricação de estruturas complexas. A impressão 3D na construção de maquetes é uma técnica inovadora que traz diversos benefícios, como a redução de custos, de tempo e de desperdício, além de possibilitar a criação de formas únicas e personalizadas (Souza, 2021).

4.2 USO DA TECNOLOGIA BIM

Os instrumentos topográficos modernos estão passando por uma revolução significativa com a introdução da tecnologia BIM para representação gráfica. Esses instrumentos de representação englobam uma variedade de ferramentas digitais que permitem a visualização gráfica em múltiplas dimensões. Esta evolução não se limita aos processos de coleta de dados, mas também se estende aos processos de produção visual, estabelecendo uma interconexão eficaz entre as diferentes áreas de trabalho, como também com tecnologias anteriores, como os *softwares* CAD. A tecnologia BIM não só proporciona uma representação tridimensional mais precisa do ambiente geográfico, mas também facilita a integração de dados para criação da moldagem da topografia.

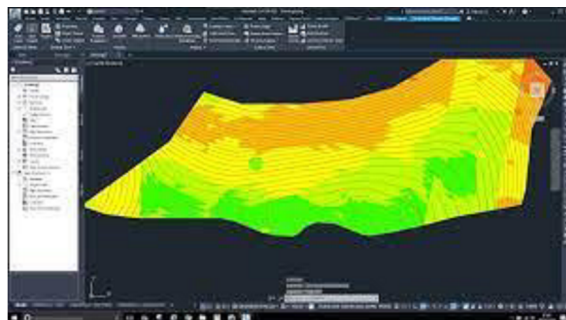
A seguir são apresentados os principais métodos empregados para produção e representação de informações da topografia do terreno geradas a partir dos dados coletados em campo.

4.2.1 Software

Com o progresso incessante da tecnologia, a Topografia tem se beneficiado de inovações e aprimoramentos significativos. O *software* é uma sequência de instruções escritas para serem interpretadas por um computador para executar tarefas específicas. Também pode ser definido como os programas, dados e instruções que comandam o funcionamento de um dispositivo eletrônico. O *software* é o responsável por fazer a máquina compreender e executar os comandos do usuário. É classificado como a parte lógica e imaterial, cuja função é fornecer instruções para o *hardware*. O *hardware* é toda a parte física que constitui o dispositivo (Enciclopédia Significados, 2024b).

Os *softwares* destinados ao uso de dados topográficos são ferramentas essenciais no campo da Topografia. Eles simplificam o estudo do terreno, proporcionando maior agilidade e eficiência ao trabalho do técnico, engenheiro ou arquiteto, além de garantir maior precisão nos processos que envolvem cálculos e representação gráfica (Figura 17).

Figura 17 – Mapa de declividade no Autocad Civil 3D



Fonte: Carvalho, 2020

Existem vários *softwares*, relacionados à tecnologia BIM, que podem ser empregados na Topografia, cada um atendendo a um objetivo específico nas diversas fases do trabalho. Alguns dos *softwares* mais utilizados incluem:

1. Revit - inovador, o Revit ultrapassa a representação tradicional de edifícios em 2D, integrando modelos 3D com *softwares* de gerenciamento de projeto e proporcionando uma visão holística do ambiente construído (Gomes, 2019);
2. Recap - *software* de digitalização, é notável pela capacidade de processar nuvens de pontos, convertendo dados coletados por *scanners a laser* ou drones em representações digitais precisas e em modelos 3D detalhados, otimizando operações no contexto do BIM (FF Solutions, 2022b);
3. Sierrasoft Land - projetado para modelagem e análise 3D eficientes de terrenos, o Sierrasoft Land gerencia levantamentos de qualquer tamanho e oferece funcionalidades BIM para produção, modificação e análise de modelos topográficos (SierraSoft, 2021);
4. CivilCAD - pioneiro em ferramentas de design para engenharia civil, o CivilCAD oferece recursos avançados para o planejamento e projeto de estradas, cálculos de terraplenagem e manipulação eficiente de dados (*Software*, 2021);
5. Civil3D - indispensável para engenheiros civis, topógrafos e projetistas, o Civil3D é reconhecido pela modelagem tridimensional de terrenos e automação da documentação (FF Solutions, 2022a).

Esses *softwares* são apenas alguns exemplos das ferramentas disponíveis para topógrafos e profissionais correlatos. Eles ilustram como a tecnologia pode aprimorar a precisão, eficiência e efetividade do trabalho na área de Topografia. No entanto, é crucial considerar fatores técnicos e econômicos, bem como possíveis limitações ao escolher o *software* mais adequado para cada projeto.

A formação da equipe é um aspecto crucial para a execução de desenhos técnicos topográficos utilizando *softwares*. O treinamento no uso dos *softwares* e na aplicação das técnicas de desenho é fundamental para garantir a precisão e a eficiência do trabalho.

O uso de *softwares* exige menor habilidade motora do “desenhista” do que os métodos manuais e permite a representação gráfica de forma mais rápida e eficiente. Além disso, oferece flexibilidade e controle sobre o desenho, permitindo ajustes precisos e rápidos.

Os dados representados utilizando os *softwares* tendem a ser mais precisos e confiáveis do que os representados manualmente. Eles possibilitam a elaboração de mapas detalhados da área em estudo e fornecem informações acuradas sobre as características do terreno. Isso é fundamental para uma série de aplicações, desde o planejamento de construções até a análise geográfica.

No entanto, apesar das inúmeras vantagens, os *softwares* BIM também apresentam suas limitações. O custo inicial elevado aliado à exigência de treinamento especializado para operar o *software* de maneira eficaz, podem representar obstáculo para algumas equipes. Além disso, a dependência da tecnologia pode resultar em problemas caso o *software* apresente falhas ou os dados sejam perdidos.

1. O fluxo de trabalho com *softwares* BIM de representação da topografia geralmente compreende quatro etapas principais:
2. Coleta de dados – os dados são coletados em campo utilizando equipamentos de levantamento topográfico. Esses dados incluem informações sobre a elevação do terreno em diversos pontos;
3. Processamento de dados – os dados coletados são importados para um *software* que processa os dados, realizando cálculos para determinar a elevação em diferentes pontos e criar um modelo digital do terreno;
4. Representação gráfica – o *software* gera uma representação gráfica do terreno, geralmente na forma de curvas de nível¹³;
5. Interpretação e análise – a representação gráfica é então utilizada para análise e interpretação. Por exemplo, pode ser usada para planejar a construção de estruturas ou para compreender melhor a topografia de uma área.

¹³ As curvas de nível são linhas que conectam pontos de mesma altitude, fornecendo uma representação visual do relevo do terreno (Giovanini, 2020).

Os *softwares* BIM para representação de dados topográficos desempenham um papel vital na Topografia Moderna, proporcionando eficiência, precisão e uma variedade de funcionalidades que não são possíveis com métodos tradicionais.

4.2.2 Maquete eletrônica

A maquete eletrônica, também conhecida como maquete digital, é uma representação tridimensional de desenhos industriais ou projetos arquitetônicos e urbanísticos. Ela é criada através de simulações volumétricas em um ambiente gráfico-computacional, utilizando modelagem tridimensional (Figura 18). *Softwares* gráficos específicos são utilizados para proporcionar uma representação visual que se aproxima da realidade, incluindo aspectos como volume, profundidade, iluminação, texturas, transparências e sombras. Essas representações são muitas vezes tão precisas que podem ser confundidas com fotografias. Ela pode apresentar diferentes níveis de detalhamento, podendo ser esquemática, detalhada ou foto-realística (Truped, 2011; Viva Decora, 2017).

Figura 18 – Maquete eletrônica



Fonte: Inovar Topografia, 2024

Existem diversos tipos de maquetes eletrônicas, entre eles:

1. Maquete eletrônica 2D – também conhecida como planta baixa, que representa bidimensionalmente a disposição dos espaços em um projeto;
2. Maquete virtual 3D – a mais comum, usada para criar representações tridimensionais de projetos e terrenos, permitindo a visualização de todos os ângulos;
3. Maquete eletrônica interativa – possibilita a interação dos usuários ao moverem-se pelo modelo, explorando diferentes áreas. É frequentemente utilizada em projetos de realidade virtual e jogos (Paixão, 2023).

O processo de criação de uma maquete eletrônica envolve diversas etapas. Inicialmente, o profissional elabora um esboço do projeto em um *software* de maquete 3D. Posteriormente, esse esboço é transformado em um modelo 3D por meio de *software* especializado. Por fim, o modelo é renderizado para gerar uma representação visual realista do projeto. Diversas ferramentas estão disponíveis para essa criação, como AutoCAD, SketchUp e Blender (Paixão, 2023).

A maquete eletrônica proporciona benefícios tanto para profissionais quanto para clientes. Profissionais podem visualizar o projeto de todos os ângulos, facilitando a identificação e resolução de problemas, além de comunicar as ideias aos clientes de forma eficaz. Para estes, a maquete eletrônica possibilita a visualização prévia do projeto, auxiliando na compreensão e na tomada de decisões informadas (Paixão, 2023).

Além disso, permite a concepção de modelos digitais do terreno, o que facilita o planejamento e a análise de projetos de construções. Os projetos podem simular movimento de terra, identificar interferências e analisar o terreno antes do início da construção. Isso contribui para uma construção mais eficiente e precisa.

Apesar de ser uma ferramenta poderosa, a criação de maquetes eletrônicas também apresenta desafios. Questões técnicas, como o conhecimento de *software* especializado e a demora na renderização de modelos 3D, podem surgir. Além disso,

desafios de *design*, como a precisão e compreensibilidade do modelo para os clientes, são aspectos importantes a serem considerados (Paixão, 2023).

5 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS DADOS

A dicotomia entre instrumentos tradicionais de Topografia e a tecnologia BIM é um tópico de debate complexo e em evolução constante. Ambas as abordagens apresentam vantagens e desafios, sendo a escolha entre elas frequentemente determinada pelas exigências específicas do projeto e pelas preferências da equipe envolvida.

Instrumentos tradicionais, como o teodolito, a estação total e o GNSS, têm sua eficiência determinada pela complexidade do projeto, resultando em variações no tempo de coleta e precisão dos dados. O GNSS fornece posições globais continuamente, enquanto o teodolito e a estação total são empregados para medições angulares e de distâncias precisas em pontos específicos, complementando-se em aplicações de topografia e levantamentos. Em contrapartida, a tecnologia BIM, que engloba scanners a laser e drones, permite uma coleta de dados mais rápida, com destaque para os drones que capturam imagens aéreas de alta resolução.

Ambos os métodos dependem de uma calibração adequada, da competência do operador e das condições ambientais. No entanto, os instrumentos topográficos de coleta de dados, diretamente relacionados à tecnologia BIM se destacam por sua alta eficácia, sendo capazes de mapear áreas de difícil acesso e capturar detalhes que seriam inalcançáveis com métodos tradicionais.

No âmbito dos instrumentos tradicionais, a dependência exclusiva desses aparelhos pode restringir a interação e a eficiência global do projeto. Apesar dos custos iniciais e da curva de aprendizado geralmente mais baixos, como os dados coletados por instrumentos tradicionais podem exigir registro e importação manuais individuais, possibilitando a ocorrência de falhas no registro dos dados, o custo a longo prazo devido ao retrabalho e a falta de flexibilidade podem se tornar desafios significativos.

Por outro lado, a tecnologia BIM oferece uma abordagem inovadora, permitindo a criação de modelos tridimensionais que incorporam dados de diversas

disciplinas. O compartilhamento de informações é facilitado, por meio de dispositivos móveis, computadores ou serviços de armazenamento em nuvem, além de possibilitando a identificação de incoerências. A integração de dados e o compartilhamento de informações promovem a colaboração e coordenação entre as partes envolvidas no projeto. A eficiência e precisão são notáveis, proporcionando precisão de centímetros a submilímetros, reduzindo erros e minimizando retrabalhos. No entanto, a implementação bem-sucedida do BIM requer uma mudança cultural e colaboração efetiva.

A visualização avançada e as simulações precisas proporcionadas pelo BIM facilitam a tomada de decisões informadas, embora o risco de depender excessivamente dessas simulações seja uma consideração importante. A curva de aprendizado inicial e os equipamentos específicos resultam em custos iniciais mais elevados, porém a longo prazo há uma redução do custo, ao evitar retrabalhos e desperdícios, permitindo a detecção e resolução de conflitos de projeto antes da execução, otimizando o tempo e a produtividade, agilizando o processo de projeto e construção e facilitando a colaboração entre as equipes.

Ambos os métodos exigem treinamento e habilidade para uma operação eficiente. No entanto, a tecnologia BIM, especialmente o uso de drones, pode exigir menos esforço físico, enquanto os métodos tradicionais requerem um esforço considerável e dependência humana na coleta, registro, transferência e processamento de dados.

Os dados gerados pelos instrumentos tradicionais necessitam de realização de cálculos, realizados de forma manual ou automatizada, para a representação gráfica. Em contraste, a tecnologia BIM produz diversos formatos de exportação disponíveis automaticamente, incluindo nuvens de pontos 3D, modelos topográficos 3D e imagens aéreas de alta resolução. Ambos os métodos têm suas limitações. Os instrumentos tradicionais são limitados pela precisão dos instrumentos goniométricos e são influenciados por fatores climáticos e operacionais. A tecnologia BIM, por outro lado, tem limitações que incluem custo elevado, regulamentações específicas para drones e algumas restrições técnicas.

A escolha dos instrumentos de coleta de dados (Quadro 1) depende do tipo, do objetivo e do escopo do levantamento topográfico, bem como dos recursos

disponíveis e das características dos participantes, ou seja, é definida de acordo com os instrumentos que melhor se adaptam aos objetivos e às condições de trabalho. A escolha entre instrumentos tradicionais e BIM não é necessariamente binária. Muitos projetos podem se beneficiar de uma abordagem híbrida, combinando o melhor de ambas as tecnologias. Portanto, é importante que o profissional conheça as características, as vantagens e as desvantagens de cada instrumento e, também, faça uma análise crítica da pertinência do tipo de dado a ser coletado, buscando sempre a validade, precisão e a confiabilidade dos resultados.

Quadro 1 – Instrumentos topográficos de coleta de dados

(Continua)

EQUIPAMENTO	CARACTERÍSTICAS	VANTAGENS	DESVANTAGENS
TRADICIONAL	<p>Teodolito</p> <p>Instrumento óptico-mecânico que mede ângulos horizontais e verticais, usado para determinar direções e distâncias.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Alta precisão na medição de ângulos. 	<ul style="list-style-type: none"> – Processo de coleta de dados demorado e trabalhoso. – Dados registrados de forma manual em cadernetas. – Necessidade de alinhamento e nivelamento do instrumento. – Não permite automatiza o levantamento.
	<p>Estação Total</p> <p>Instrumento eletrônico que combina as funções de um teodolito com um distanciômetro, usado para medir ângulos, distâncias e coordenadas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Eficiência na coleta de dados. – Dados registrados eletronicamente. – Variedade de modelos disponíveis. – Redução do esforço humano. 	<ul style="list-style-type: none"> – Custo elevado dos equipamentos. – Sensibilidade a interferências eletromagnéticas.
	<p>Receptor GNSS</p> <p>Sistema de posicionamento global que usa satélites para determinar a localização e a altitude de um ponto na superfície da Terra.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Georreferenciamento – Velocidade na coleta de dados. – Facilidade de compartilhamento de dados. – Possibilidade de trabalhar em diferentes condições climática. – Pode ser feito com apenas uma pessoa. 	<ul style="list-style-type: none"> – Precisão limitada pela qualidade do sinal. – Necessidade de correção dos dados. – Custo elevado. – Necessidade de qualificação do operador.

Quadro 1 – Instrumentos topográficos de coleta de dados

(Conclusão)

EQUIPAMENTO	CARACTERÍSTICAS	VANTAGENS	DESVANTAGENS
TECNOLOGIA BIM	Veículos aéreos não tripulados que podem ser controlados remotamente ou voar de forma autônoma, usados para capturar imagens aéreas e dados georreferenciados.	<ul style="list-style-type: none"> – Rapidez na coleta de dados. – Cobertura de extensas áreas. – Acesso a regiões de difícil acesso. – Redução de custos. – Supervisão remota. 	<ul style="list-style-type: none"> – Treinamento específico para operação. – Investimento inicial substancial. – Dependência das condições atmosféricas. – Restrições legais e regulatórias – Depende de ponto de controle por receptor de GNSS. – Necessita de aquisição de <i>software</i>. – Impossibilidade de mapeamento de mata densa.
	Dispositivo que emite um feixe de laser para medir a distância e a forma de um objeto ou superfície, usado para gerar modelos tridimensionais de alta resolução.	<ul style="list-style-type: none"> – Precisão elevada em medições de longa distância. – Eficiência na coleta de dados. – Visualização detalhada em modelos tridimensionais. – Facilidade de compartilhamento de dados. 	<ul style="list-style-type: none"> – Treinamento específico para operação. – Custo elevado dos equipamentos. – Coleta de dados requer planejamento cuidadoso. – Condições ambientais influenciam na qualidade dos resultados.

Fonte: Autoria própria, 2023

Nos métodos tradicionais, como desenho técnico à mão e maquete física, a expressão artística é um ponto forte. No entanto, a precisão muitas vezes é sacrificada, e as mudanças podem ser morosas. Modelos físicos, embora ofereçam uma representação tangível tridimensional, enfrentam desafios de tempo e custo consideráveis. Programas tradicionais, como o CAD, destacam-se como meios acessíveis e amplamente empregados na representação gráfica de terrenos e edificações. Essas ferramentas oferecem vantagens como versatilidade, facilidade de uso e requisitos computacionais relativamente modestos. Contudo, enfrentam desafios como a falta de integração entre disciplinas, dificuldades na compatibilização, a necessidade de atualizações individuais nos desenhos e limitações nas informações contidas nos modelos.

Em contraste, a tecnologia BIM trouxe avanços significativos. A modelagem 3D digital oferece precisão geométrica e facilidade de manipulação, facilitando a visualização do projeto. A integração de dados vai além da geometria, incorporando informações como custos e prazos, possibilitando decisões informadas. Além disso, a colaboração em tempo real entre disciplinas diversas reduz erros e retrabalho. No entanto, a adoção do BIM também traz desafios, como a necessidade de maior capacitação dos profissionais, compatibilidade de *softwares* e resistência à mudança. A dificuldade de acesso à tecnologia BIM e as barreiras tecnológicas são desafios a serem superados. A necessidade de investimentos significativos em hardware, *software* e treinamento levanta questões sobre custos e retorno do investimento.

Considerando a sustentabilidade e o ciclo de vida do projeto, a capacidade do BIM de incorporar informações detalhadas pode levar a decisões mais sustentáveis. A escolha entre instrumentos tradicionais e tecnologia BIM na representação da topografia (Quadro 2) depende das especificidades técnicas e legais demandadas para o projeto e das capacidades técnicas e financeiras da empresa. Alternativamente, a transição gradual do método tradicional para o BIM pode acompanhar a evolução tecnológica e atender às demandas do mercado.

Quadro 2 – Representação da Topografia

(Continua)

EQUIPAMENTO	CARACTERÍSTICAS	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Desenho técnico à mão	Meio acessível e amplamente disponível para a criação de mapas topográficos, desenhos técnicos, relatórios e outros documentos	<ul style="list-style-type: none"> – Versatilidade – Clareza na visualização – Análise de informações topográficas 	<ul style="list-style-type: none"> – Desatualização – Dificuldade de reprodução – Ocupação de espaço físico – Demora e propensão a erros na correção –
CAD	<i>Software</i> para produção de representações digitais de alta precisão, edição e padronização gráfica	<ul style="list-style-type: none"> – Eficiência – Precisão – Facilidade de edição – Padronização – Representação 3D 	<ul style="list-style-type: none"> – Custo inicial – Necessidade de treinamento – Dependência de hardware específico
Maquete física	Representação tridimensional física de projetos topográficos	<ul style="list-style-type: none"> – Compreensão espacial – Visualização prévia – Flexibilidade de materiais – Impacto visual 	<ul style="list-style-type: none"> – Custo – Tempo – Escala – Manutenção – Atualização

Quadro 2 – Representação da Topografia

(Conclusão)

EQUIPAMENTO	CARACTERÍSTICAS	VANTAGENS	DESVANTAGENS
TECNOLOGIA BIM	Software da tecnologia BIM para modelagem 3D integrada de projetos	<ul style="list-style-type: none"> – Modelagem 3D – Integração eficiente – Compartilhamento eficiente – Parametrização – Flexibilidade e produtividade – Processamento eficiente – Representação digital precisa – Análise avançada – Redução de erros e custos – Flexibilidade na restituição – Exportação para outros <i>softwares</i> – Produção otimizada 	<ul style="list-style-type: none"> – Requisitos de hardware – Treinamento específico – Familiaridade com tecnologias de digitalização 3D – Processamento de nuvens de pontos – Curva de aprendizado – Tempo de adaptação
	Software para processamento de nuvens de pontos, permitindo a criação de modelos 3D detalhados e colaboração eficiente		
	Software especializado em modelagem de terrenos, gerenciamento de dados e nuvens de pontos para produção e análise de modelos topográficos		
	Software especializado em planejamento e projeto de estradas, infraestrutura e tubulações, integrado a ambientes CAD		
	Software para modelagem 3D de terrenos e projetos de alta complexidade, associando documentação diretamente ao projeto		

Fonte: Autoria própria, 2023

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na indústria da construção civil, a coleta de dados e a representação topografia são essenciais para o planejamento, execução e controle de projetos. Nesse cenário, a tecnologia BIM surge como uma alternativa aos métodos tradicionais, como trabalhos manuais e equipamentos ópticos mecânicos. Esses métodos, apesar de familiares, expressivos e versáteis, possuem limitações, como imprecisão, demora na realização do levantamento e a falta de integração das informações com outras disciplinas da área da construção. Já o BIM, uma abordagem inovadora, oferece uma solução integrada, que permite a modelagem digital em 3D, a incorporação de dados de diversas disciplinas e a colaboração em tempo real. No entanto, o BIM também enfrenta desafios, como mudança cultural qualificação da equipe e custos iniciais.

A comparação entre essas abordagens revela uma dicotomia complexa, com vantagens e desvantagens distintas. A dicotomia não é absoluta, e a combinação dessas abordagens pode beneficiar muitos projetos. A análise comparativa ressalta a importância de considerar a evolução dos equipamentos e a compatibilidade dos dados topográficos com os *softwares* BIM. A escolha entre métodos deve ser orientada pelas necessidades específicas de cada projeto e a capacidade da empresa.

A integração de métodos tradicionais com a tecnologia BIM se mostra a melhor forma de otimizar os resultados na coleta de dados topográficos na construção civil. A tecnologia BIM, apesar de mais eficiente, não substitui totalmente os equipamentos tradicionais. Para a execução de trabalhos topográficos com o BIM, é necessário ter auxílio de instrumentos e equipamentos tradicionais, como na coleta de pontos de controle em levantamentos topográficos com drone.

Do ponto de vista técnico, é evidente a superioridade do uso da tecnologia BIM em relação aos métodos tradicionais em termos de eficiência, eficácia, precisão e agilidade, tanto na coleta de dados quanto na representação da topografia. Além disso, a tecnologia BIM facilita o compartilhamento de informações e promove o trabalho colaborativo. No entanto, do ponto de vista econômico, a tecnologia BIM pode

ter um custo inicial elevado, incluindo a aquisição de equipamentos e *softwares*, e o treinamento especializado.

Este trabalho poderá contribuir com a revisão do Projeto Pedagógico do Curso (PPC) do Curso Técnico em Edificações, na perspectiva de capacitar os profissionais com combinação de conhecimento em métodos tradicionais e tecnologia BIM para uma formação mais abrangente. A integração do modelo BIM na matriz curricular do Curso Técnico em Edificações é de vital importância, dada a sua relevância na construção civil e na comunicação entre setores, contribuindo para um ciclo de vida de obra mais eficiente. Além disso, é fundamental reconhecer que a tecnologia BIM já não é uma promessa futura, mas uma realidade presente na esfera da construção civil. Portanto, a adoção e integração do BIM na educação não é apenas benéfica, mas essencial para preparar os profissionais para as demandas atuais do setor.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13133:1994**: Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro, 1994. 35 p. Disponível em: <http://www.carto.eng.uerj.br/cdecart/download/NBR13133.pdf>. Acesso em: 20 jul 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13133:2021**: Execução de levantamento topográfico - procedimento. 2 ed. Rio de Janeiro, 2021. 57 p.
- AERO. **O que é Topografia aérea com drones**. 2023. Disponível em: <https://aeroengenharia.com/glossario/o-que-e-topografia-aerea-com-drones/>. Acesso em: 20 jan. 2024.
- AMLEF – Acervo Museológico dos Laboratórios de Ensino de Física. Universidade do Rio Grande do Sul/IF. **Bússola**. Coleção Glossário. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/amlef/glossario/bussola/>. Acesso em: 31 jan. 2024.
- BIBLIOCAD. **Curvas de Nível**. Disponível em: https://www.bibliocad.com/pt/biblioteca/curvas-de-nivel_82607/. Acesso em: 29 de nov. de 2023.
- MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS – MDIC (Brasil). **Estratégia BIM BR**. Brasília, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/building-information-modelling-bim/26-11-2018-estrategia-BIM-BR-2.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2024.
- BRASIL. **Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018**. Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling. Brasília, DF, 17 maio 2018. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/d9377.htm. Acesso em: 02 jun. 2023.
- BRASIL. **Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019**. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling. Brasília, DF, 22 ago. 2019. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/Decreto/D9983.htm. Acesso em: 02 jun. 2023.
- BRASIL. **Decreto Nº 10.306, de 2 de abril de 2020**. Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling - Estratégia BIM BR,

instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Brasília, DF, 2 abr. 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10306.htm. Acesso em: 02 jun. 2023.

BRASIL. **Decreto nº 11.888, de 22 de janeiro de 2024**. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling no Brasil - Estratégia BIM BR e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling - BIM BR. Brasília, DF, 22 jan. 2024. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/decreto/D11888.htm#:~:text=DECRETO%20N%C2%BA%2011.888%2C%20DE%2022,Building%20Information%20Modelling%20%2D%20BIM%20BR.. Acesso em: 25 jan. 2024.

CARVALHO. **Mapa de declividade no Autocad Civil 3D 2020**. S.l.: Marcio Carvalho, 2020. (7 min.), son., color. Legendado. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=U0xWGgIBXXw>. Acesso em: 25 jan. 2024.

COSTA, Luciano Rodrigues. **O uso do BIM como ferramenta na gestão da construção civil**. 2016. 41 f. Monografia (Especialização) - Curso de Curso de Especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia de UFMG, janeiro, 2016. Cap. 6. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-AQ4FVH/1/monografia___luciano_rodrigues_costa_rev.2.pdf. Acesso em: 24 jan. 2024.

CPE TECNOLOGIA. **GNSS: o que é, aplicações, métodos e vantagens de utilizar**. 2019. Disponível em: <https://blog.cpetecnologia.com.br/gnss-global-navigation-satellite-system/>. Acesso em: 26 jan. 2024.

DALMOLIN, Q.; SANTOS, D. R. **Sistema Laser Scanner: Conceitos e Princípios de Funcionamento**. 3 ed. Curitiba: UFPR, 2004.

DRONE VISUAL; JUNIORBEZERRA46. **Os melhores drones para Topografia**. 2021. Disponível em: <https://www.dronevisual.com/post/o-melhores-drones-para-topografiahttps://www.dronevisual.com/post/o-melhores-drones-para-topografia>. Acesso em: 08 nov. 2023.

ESPARTEL, Lélis.; **Curso de Topografia**. 9 ed. Rio de Janeiro: Globo S.A, 1987. 655 p.

ECONOMIA. **Governo vai impulsionar tecnologia digital da construção para grandes obras**. 2024. Disponível em: <https://www.brasil247.com/economia/governo-vai-impulsionar-tecnologia-digital-da-construcao-para-grandes-obras>. Acesso em: 26 jan. 2024.

ENCICLOPÉDIA SIGNIFICADOS. **Astrolábio**. 2024a. Disponível em: <https://www.significados.com.br/astrolabio/>. Acesso em: 22 jan. 2024.

ENCICLOPÉDIA SIGNIFICADOS. **Software: o que é, conceito, tipos e exemplos**. 2024b. Disponível em: <https://www.significados.com.br/software/>.

Acesso em: 27 jan. 2024.

FARIAS, Julio Cesar. **O que é CAD (Desenho Assistido por Computador)?** 2021. Disponível em: <https://spbim.com.br/o-que-e-cad-desenho-assistido-por-computador/>. Acesso em: 03 nov. 2023.

FERRAZ, Rodrigo da Silva; REIS, Mário Luiz Lopes; SOUZA, Sérgio Florêncio de. Laser Scanner Terrestre: teoria, aplicações e prática. Rev. Bras. Geom., v.4, n. 2, p.99-109, mai/ago. 2016 ISSN 2317-4285 Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, Brasil. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo/article/view/5502/3430>. Acesso em: 25 out. 2023.

FERREIRA, Jardel Silva *et al.* **Análise dos Levantamentos Topográficos 3D Realizados por Laser Scanner e por RPA para Projetos Geométricos de Estradas.** 13. ed. Belo Horizonte: Revista Paramétrica, 2020. 12 v. Disponível em: <https://periodicos.famig.edu.br/index.php/parametrica/article/view/252/177>. Acesso em: 17 out. 2023.

FONTES, L. C. A. de A. **A Evolução Histórica e Tecnológica do Instrumental Topográfico.** 2005. Topografia UFBA. Disponível em: <http://www.topografia.ufba.br/evolucao%20tecnologicatop.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2023.

FURTADO; SCHMIDT. **Teodolito Digital modelo DE-2A.** 2021. Disponível em: <https://www.furtadonet.com.br/nossos-produtos/teodolito-digital-modelo-de-2a-p119>. Acesso em: 07 nov. 2023.

FF SOLUTIONS. **Por que utilizar o CIVIL 3D?** 2022a. Disponível em: <https://ff.solutions/civil-3d/>. Acesso em: 11 nov. 2023.

FF SOLUTIONS. **Trabalhando com nuvem de pontos no Autodesk Recap Pro.** 2022b. Disponível em: <https://ff.solutions/trabalhando-com-nuvem-de-pontos-no-autodesk-recap-pro/>. Acesso em: 11 nov. 2023.

GARIBALDI, Bárbara Cristina Blank. **Do 3D ao 7D – Entenda todas as dimensões do BIM.** 2020. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/dimensoes-do-bim/>. Acesso em: 22 jan. 2024.

GEOSUN. **Mecânico.** 2024. Disponível em: <https://www.geosunlidar.com.br/mec%C3%A2nico>. Acesso em: 23 jan. 2024.

GHILANI, Charles D.; WOLF, Paul R. **Geomática.** 13. ed. São Paulo: Pearson, 2013. 698 p.

GIOVANINI, Adenilson. **Representação Topográfica: Como Fazer?** 2020. Disponível em: <https://adenilsongiovanini.com.br/blog/representacao-topografica-como-fazer/>. Acesso em: 26 jan. 2024.

GIOVANINI, Adenilson. **Dioptra agrimensura.** 2021a. Disponível em: <https://adenilsongiovanini.com.br/blog/aparelhos-topograficos-o-guia->

definitivo/dioptra-agrimensura/. Acesso em: 20 jan. 2024.

GIOVANINI, Adenilson. **Aparelhos topográficos: O Guia definitivo....** 2021b. Disponível em: <https://adenilsongiovanini.com.br/blog/aparelhos-topograficos-o-guia-definitivo/>. Acesso em: 20 jan. 2024.

GIOVANINI, Adenilson. **Estação total: tudo que você precisa saber a respeito.** 2022a. Disponível em: <https://adenilsongiovanini.com.br/blog/estacao-total/>. Acesso em: 29 jul. 2023.

GIOVANINI, Adenilson. **Laser Scanner: o Que É e Suas Aplicações?** 2022b. Disponível em: <https://adenilsongiovanini.com.br/blog/laser-scanner-o-que-e-e-quais-suas-aplicacoes/>. Acesso em: 18 set. 2023.

GIOVANINI, Adenilson. **Coletora de dados R550.** 2024. Disponível em: <https://adenilsongiovanini.com.br/equipamentos/index.php/coletora-de-dados-r500/>. Acesso em: 25 jan. 2024.

GOMES, Eduardo José Romeiro. **Autodesk Revit: desenvolvimento de um curso básico para a plataforma de EAD do UNIPAM.** 2019. 11 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Patos de Minas, Patos de Minas, 2019. Disponível em: <https://revistas.unipam.edu.br/index.php/perquirere/article/view/3196/716>. Acesso em: 11 nov. 2023.

GOMES, Thiago Silva. **O Uso do GPS Absoluto no Levantamento Topográfico Planimétrico para o SICAD.** 2001. 73 f. Monografia (Especialização) - Curso de Licenciatura em Geografia, Uniceub –Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2001. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/123456789/3527/2/9809199.pdf>. Acesso em: 6 out. 2023.

GONÇALVES, Évelin M.; BRASIL, Jean Wagner; NETO, Leonel Euzébio de Paula. **Desenho Técnico Aplicado à Topografia: série: topografia e agrimensura para cursos técnicos.** Florianópolis: IFSC, 2018. 44 p. Disponível em: http://sites.florianopolis.ifsc.edu.br/agrimensura/files/2018/08/desenho_tecnico.pdf. Acesso em: 29 jan. 2024.

GONZÁLEZ, Luis Augusto Pérez. **Posibilidades de la metodología BIM em la ingeniería civil.** 2019. 145 f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Civil, Universidad Politécnica de Madrid Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 2019. Disponível em: https://oa.upm.es/54370/2/TFM_LUIS_AUGUSTO_PEREZ_GONZALEZ.pdf. Acesso em: 16 maio 2023.

GPSOLUTION. **Par de Receptores Spectra PROMARK 200 RTK Com rádios (SEMI - NOVO).** 2023. Disponível em: <https://gpsolutiontopografia.com.br/par-de-receptores-spectra-promark-200-rtk-com-radios-semi-novo>. Acesso em: 8 nov. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Conceitos gerais. o que e cartografia/sistema global de navegação por satélites**. 2024. Disponível em: <https://atlasescolar.ibge.gov.br/conceitos-gerais/o-que-e-cartografia/sistema-global-de-navegac-a-o-por-sate-litess.html>. Acesso em: 26 jan. 2024.

INOVAR TOPOGRAFIA. **Maquetes Eletrônicas**. 2024. Disponível em: <https://inovartopografia.com.br/servicos/maquetes-eletronicas/>. Acesso em: 26 jan. 2024.

LEILÃO NAIARA SANTOS. **Ferramenta antiga: Teodolito americano (instrumento de precisão ótica), cerca de 1930**. 2023. Disponível em: <https://www.leilaonaiarasantos.com.br/peca.asp?ID=17618054>. Acesso em: 26 jan. 2024.

LEITE, Ygor Geann dos Santos; SANTOS, Cibelly Arianda Matos dos; FIGUEIREDO, Suelania Cristina Gonzaga de. **Tópicos em construção civil: Tecnologia, inovação e metodologias aplicadas**. Belo Horizonte: Poisson, 2021. 107 p. Disponível em: https://concifa.fametro.edu.br/storage/2022/10/topicos_construcao_civil.pdf. Acesso em: 20 set. 2023.

LOCH, C.; CORDINI, J. **Topografia Contemporânea: Planimetria**. Florianópolis: Edufsc, 1995. 320 p.

MAPPA. **4 Melhores drones para Topografia**. 2022. Disponível em: <https://mappa.ag/blog/4-melhores-drones-para-topografia/>. Acesso em: 23 jan. 2024.

MARQUES, Aline Calazans; PIMENTA Aline de Barros. **A Maquete Física no Ensino de Topografia para Arquitetos e Urbanistas**. CES REVISTA, Juiz de Fora, v. 29, n. 2. p. 5-19, ago./dez. 2015. Disponível em: <https://seer.uniacademia.edu.br/index.php/cesRevista/article/view/554/426>. Acesso em: 31 out. 2023.

MARQUES, Jorge Silva. **As Imagens do Desenho. Percepção espacial e representação**. Trabalho de síntese, Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto, 2006. Disponível em: https://repositorioaberto.up.pt/bitstream/10216/77663/1/108306_043-7_82a_TM_01_P.pdf Acesso em: 31 out. 2023.

MARZOLLA, Di Lorenzo. **Per la serie “come eravamo”: la groma**. 2017. Disponível em: <https://www.multicoopterdrone.com/la-serie-eravamo-la-groma/>. Acesso em: 20 jan. 2024.

MAST – Museu de Astronomia e Ciências Afins. **Bússola: Histórico**. Disponível em: http://site.mast.br/multimedia_instrumentos/bussola_historico.html. Acesso em: 31 jan. 2024.

MIRANTE ENGENHARIA. **Laser Scan 3D para aplicações industriais, civis, mecânicas e arquitetônicas**. S.l., 2017. (2 min.), son., color. Legendado. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=uFHhrYq6zVo>. Acesso em: 27 jan. 2024.

MITUTOYO. **Micrômetro de Varredura Laser (Unidade de Medição) - LSM-500S - 544-532**. 2024. Disponível em: <https://www.mitutoyo.com.br/micrometro-de-varredura-laser-unidade-de-medic-o-lsm-500s-544-532.html>. Acesso em: 27 jan. 2024.

ORTOPIXEL. **Topografia com drones: o que é, importância e como funciona**. 2021. Disponível em: <https://ortopixel.com.br/topografia-com-drones-o-que-e-importancia-e-como-funciona/>. Acesso em: 27 jan. 2024.

PAIXÃO, Luciana. **Guia Definitivo da Maquete Eletrônica: Tudo o Que Você Precisa Saber**. 2023. Disponível em: <https://www.aarquiteta.com.br/blog/maquete-eletronica/>. Acesso em: 23 jan. 2024.

PDSTUDIO. **Os 7 tipos de maquetes**. 2020. Disponível em: <https://www.pdstudio.com.br/post/os-7-tipos-de-maquetes>. Acesso em: 10 nov. 2023.

PEREIRA, Nilton de Jesus. **Utilização da Tecnologia BIM no Desenho Arquitetônico: Um Estudo de Caso**. 2017. 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2017. Disponível em: https://www2.ufrb.edu.br/bcet/components/com_chronoforms5/chronoforms/uploads/tcc/20190415211917_2017.X_-_TCC_Nilton_Pereira_Utilizao_da_Tecnologia_Bim_no_Desenho_Arquitetnico_um_Estudo_de_Caso.pdf. Acesso em: 19 jan. 2024.

PINTO, Luiz Edmundo Kruschewsky. **Curso de Topografia**. 2. ed. 2. tir. Salvador: Centro Editorial e Didático-UFBA, 1992.

PLMX. **Software CAD: guia prático com tudo o que você precisa saber!**. guia prático com tudo o que você precisa saber! 202?. Disponível em: <https://plmx.com.br/software-cad/#:~:text=CAD%20%C3%A9%20uma%20abrevia%C3%A7%C3%A3o%20das,su bstituindo%20os%20antigos%20desenhos%20manuais>. Acesso em: 03 nov. 2023.

PTC. **O Pro/ENGINEER agora é Creo**. 2024. Disponível em: <https://www.ptc.com/pt/products/creo/pro-engineer>. Acesso em: 23 jan. 2024.

SAEPRO. **Breve histórico do BIM**. 2020. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/saepr/saepr-2/conheca-o-projeto/breve-historico-do-bim/>. Acesso em: 05 nov. 2023.

SIENGE. **Maquete: o que é e para que serve?** 2020. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/maquete/#:~:text=Uma%20maquete%20pode%20ser%20constru%C3%ADda,alavancar%20as%20vendas%20em%20estandes>. Acesso em: 1 nov. 2023.

SIERRASOFT. **SierraSoft Land Software BIM para modelação 3D e análise do território**. 2021. Disponível em: <https://www.sierrasoft.com/pt/products/land/>. Acesso em: 11 nov. 2023.

SMITH, J. **Modelagem de informações de construção**: um guia de implementação estratégica para arquitetos, engenheiros, construtores e gerentes de ativos imobiliários. 2018. John Wiley & Filhos.

SOFTWARE. **CivilCAD**. 2021. Disponível em: <https://software.com.br/p/civilcad>. Acesso em: 11 nov. 2023.

SOUSA, Marcos Timóteo Rodrigues de; ROSA, Celbo Antônio Fonseca. O Uso do Teodolito Mecânico no Ensino da Topografia: As Formas “Artesanais” de Coleta de Dados Frente as Novas Tecnologia de Precisão. **Ciência Geográfica**, Bauru, ano XXIII, v. XXIII (1), jan./dez., 2019. Disponível em: https://agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXIII_1/agb_xxiii_1_web/agb_xxiii_1-21.pdf. Acesso em: 22 jan. 2024.

SOUZA, Pâmela. **Impressão 3D na construção civil: entenda a importância dessa técnica inovadora**. 2021. Atualizado em mar. 2023. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/impressao-3d-na-construcao-civil>. Acesso em: 22 jan. 2024.

TOMMASELLI, Antonio Maria Garcia. Um Estudo sobre as Técnicas de Varredura a Laser e Fotogrametria para Levantamento 3D a Curta Distância. **Geodésia online**, 2003. 16 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/319203931_Um_Estudo_sobre_as_Tecnicas_de_Varredura_a_Laser_e_Fotogrametria_para_Levantamentos_3d_a_curta_Distancia. Acesso em: 25 out. 2023.

TRUPED. **Maquete Eletrônica ou Digital – O que é?** 2011. Disponível em: <https://www.truped.com.br/projetos-3d/maquete-eletronica-ou-digital-o-que-e/>. Acesso em: 23 jan. 2024.

VEIGA, Luis Augusto Koenig; ZANETTI, Maria Aparecida Zehnpfennig; FAGGION, Pedro Luis. **Fundamentos de Topografia**. Paraná: Ufpr, 2012. Disponível em: https://c487c27585.clvaw-cdnwnd.com/0d16f92baaaa598c13d9bb84d71da246/200000116-49ab64aa6c/APOSTILA_FUNDAMENTOS_TOPOGRAFIA_UFPR_2012.pdf. Acesso em: 26 jan. 2024.

VIVA DECORA. **Como fazer uma maquete eletrônica: conheça os 10 programas que vão turbinar seus projetos**. 2017. Disponível em: <https://www.vivadecora.com.br/pro/como-fazer-maquete-eletronica/>. Acesso em: 27 jan. 2024.

XAVIER, Diego de Arruda. **Sedimentação Recente do Médio e Baixo Estuário do Rio Capibaribe – Recife – Pernambuco**. 2017. 167 f. Tese (Doutorado) - Curso de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-5-Planta-cartografica-da-cidade-do-Recife-de-1856_fig5_319206072. Acesso em: 29 jan. 2024.

WUTKE, Juliana Dias. **Métodos para Avaliação de um Sistema Laser Scanner Terrestre**. 2006. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. Disponível em:
https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/bitstream/handle/1884/5958/disserta%c3%a7%c3%a3o_JulianaWutke.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 29 set. 2023.