



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGreste
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

JOYCE RAYANNE SOUZA DA SILVA

**MODELAGEM AS-IS BIM DE UM EMPREENDIMENTO COMERCIAL, ATRAVÉS
DE NUVEM DE PONTOS OBTIDA POR UM LEVANTAMENTO VIA LASER
SCANNER**

Caruaru
2023

JOYCE RAYANNE SOUZA DA SILVA

**MODELAGEM AS-IS BIM DE UM EMPREENDIMENTO COMERCIAL, ATRAVÉS
DE NUVEM DE PONTOS OBTIDA POR UM LEVANTAMENTO VIA LASER
SCANNER**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientador(a): Prof^a. Dr^a. Shirley Minnell Ferreira de Oliveira

Caruaru

2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus por ter me permitido realizar essa jornada. Agradeço a Ele pois, sem Ele eu não teria conseguido chegar tão longe. A Ele toda a minha gratidão.

Agradeço a minha família, por todo o apoio oferecido em todo esse percurso. Em especial, agradeço aos meus pais Marlene Souza da Silva e José Geovani da Silva, que sempre estiveram comigo, sendo minha base de apoio, e aos meus irmãos Geovana Souza da Silva e Pedro Henrique Souza da Silva que me proporcionam alegrias e motivação.

Agradeço a todos os meus amigos que contribuíram para o meu crescimento pessoal. Sejam os que estiveram comigo apenas no início do curso, mas que mantiveram contato, ou os que estão comigo até hoje. Em especial agradeço a Jafe, Priscila, Sabrina, Mariana, Carina, Milene, Natalia, Beatriz e João Antônio que contribuíram com palavras e gestos para a minha formação enquanto pessoa e profissional.

Também gostaria de expressar minha gratidão à Techmap Engenharia, por todo o aprendizado que pude absorver, além do fornecimento dos materiais que me ajudaram a alcançar meus objetivos e desenvolver minhas habilidades. Agradeço também a Portis Jr. por todo o aprendizado adquirido nos anos que pude estar na empresa, contribuindo para o meu crescimento pessoal e profissional.

Agradeço a minha orientadora, professora Shirley Minnell Ferreira de Oliveira, pela disponibilidade em me auxiliar. Seus conselhos, sugestões e críticas construtivas foram fundamentais para o sucesso deste trabalho. Agradeço também aos professores Renato Mahon, José Moura Soares e Antonio José Prado Martins Santos, que aceitaram compor a banca de avaliação.

Agradeço a Universidade Federal de Pernambuco e ao Instituto Federal de Pernambuco por todo o conhecimento adquirido durante meus anos de estudo. Os professores que tive nessa jornada foram fundamentais para minha formação enquanto profissional.

Por fim, agradeço a todos que fizeram parte dessa caminhada.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
3D	Tridimensional
CAA	Centro Acadêmico do Agreste
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
BIM	Building Information Modeling
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul
UTM	Sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator
RCS	Extensão de arquivo digital de nuvem de pontos
RCP	Extensão de arquivo digital de projetos de nuvem de pontos
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
LIDAR	Light Detection and Ranging
GPS	Sistema de Posicionamento Global
GNSS	Sistema de Navegação por Satélite Global
RTK	Real Time Kinematic
PPP	Posicionamento por Ponto Preciso

Modelagem *as-is* BIM de um empreendimento comercial, através de nuvem de pontos obtida por um levantamento via *laser scanner*

Modeling as-is BIM of a commercial development through point cloud obtained by laser scanning

Joyce Rayanne Souza da Silva¹

RESUMO

O avanço da tecnologia tem beneficiado diversos setores, sendo um deles a construção civil. Tornando possível a realização da integração de diversos recursos tecnológicos aos seus procedimentos tradicionais. Nesse sentido, este trabalho fundamenta e demonstra a combinação entre a varredura via *laser scanner* e toda a versatilidade de manipulação de projetos que o BIM (*Building Information Modeling* - Modelagem da Informação da Construção) oferece, tendo como objetivo a realização de uma modelagem *as-is* (como construído) de um empreendimento comercial, através de uma nuvem de pontos obtida por um levantamento com o equipamento *Laser Scanner VZ400i*. Para a o levantamento, foram definidas as quantidades de varreduras a serem realizadas e a desobstrução de possíveis obstáculos que poderiam comprometer a nuvem também foi realizada. Para o georreferenciamento do produto, pontos de apoio foram utilizados. Após a finalização do levantamento, o *software RISCAN PRO* foi utilizado para o processamento e filtragem da nuvem de pontos, que foi convertida para o formato *.rcp* através do *software RECAP*. Posteriormente, no *software Revit*, foi realizado um modelo contendo o *as-is* BIM do local. A nuvem resultante do processamento apresentou algumas áreas com baixa densidade de pontos, por conta da interferência de obstáculos, além da ausência de pontos em um dos telhados, causada pela presença de forro no ambiente. No Revit, a visualização da nuvem de pontos se mostrou com uma qualidade inferior a apresentada no *RiSCAN PRO*, tornado, em alguns momentos, sua compreensão confusa. Em áreas com baixa densidade de pontos foi necessária a manipulação de faixas de vista, permitindo que a modelagem fosse realizada. Foram modelados elementos arquitetônicos, elétricos, hidrossanitários e estruturais. Embora tenham sido encontradas algumas limitações, a utilização conjunta do levantamento com o scanner a laser e da tecnologia BIM comprovou ser efetiva, uma vez que possibilitou a obtenção de medidas precisas para a criação do modelo. Além disso, demonstrou-se eficaz, já que forneceu uma grande quantidade de informações em um curto espaço de tempo.

¹Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: Joyce.rayanne@ufpe.br

Palavras-chave: BIM; laser; modelagem; scanner, Revit.

ABSTRACT

The advancement of technology has benefited various sectors, including the construction industry. With its evolution, it has been possible to integrate various technological resources into its traditional procedures. With this in mind, this work establishes and demonstrates the combination of laser scanner surveying and the versatility of project manipulation offered by Building Information Modeling (BIM), with the aim of creating an as-is model of a commercial development using a point cloud obtained through a survey with the VZ400i Laser Scanner. For the survey execution, the quantities of scans to be performed were defined, and possible obstacles that could compromise the cloud were removed. Support points were used for the georeferencing of the product. After completing the survey, the RiSCAN PRO software was used for processing and filtering of the point cloud, which was converted to .rcp format using the RECAP software. Subsequently, in the Revit software, a model was created containing the current state of the building, i.e., the as-is BIM of the location. The resulting point cloud presented some areas with low point density due to obstacle interference. It also showed the absence of points on one of the roofs caused by the presence of a ceiling in the environment. In Revit, the visualization of the point cloud was of lower quality than that presented in RiSCAN PRO, which made its comprehension confusing at times. In areas with low point density, the manipulation of viewing strips was necessary to allow the modeling to be performed. Although some limitations were found, the combined use of laser scanner surveying and BIM technology proved to be effective, as it enabled the obtaining of precise measurements for the creation of the model. Furthermore, it proved to be efficient since it provided a large amount of information in a short period of time.

Keywords: BIM; laser; modeling; scanner, Revit.

DATA DE APROVAÇÃO: 08 de maio de 2023.

1 INTRODUÇÃO

Tecnologias relacionadas ao *laser scanner* tem evoluído de forma acelerada na última década, sendo muito utilizada nas áreas de engenharia e arquitetura por conta da sua grande precisão e de suas vantagens em relação aos métodos tradicionais manuais (Groetelaars, N. J. (2015). Essa tecnologia, também conhecida como LIDAR (*Light Detection and Ranging* - detecção de luz e medição de distâncias), é composta por sensores ativos capazes de operar em diversas faixas do espectro eletromagnético, desde o visível até o infravermelho médio (FERRAZ *et al.*, 2016). Além de indicar, com precisão, tanto a localização quanto as propriedades de superfícies das áreas levantadas, sejam essas áreas de diferentes setores da mineração, de indústrias ou até mesmo de áreas urbanas (RABELO *et al.*, 2020).

O funcionamento do *laser scanner* é baseado na geração de pulsos de *laser* que são emitidos na direção dos objetos. Quando os pulsos atingem o objeto, ocorre a reflexão e uma fração da sua energia é direcionada de volta ao sistema. Com base nesses dados, o sistema determina a distância entre o sensor e o objeto através da medição do intervalo de tempo decorrido desde a emissão até o retorno do pulso (LENARTOVICZ, 2013).

Para a realização do levantamento, são realizadas as chamadas “varreduras”. DODL (2018), descreve as varreduras como sendo milhões de pontos no espaço, que formam uma representação do ambiente digitalizado. Esses milhões de pontos, inicialmente, estão em um sistema de coordenadas que tem como origem o centro do emissor do *laser scanner*.

O produto gerado pelo *laser* é a chamada “nuvem de pontos”, que se baseia em uma estrutura que armazena as coordenadas dos pontos no espaço, o valor de intensidade de retorno do pulso *laser* e, caso haja disponibilidade, os valores provenientes da câmera fotográfica digital acoplada ao equipamento (BORDIN *et al.*, 2013).

Uma vez que o levantamento a *laser* fornece uma grande quantidade de informações que possuem como origem o centro emissor do scanner, o processamento do produto gerado pelo escaneamento requer ferramentas capazes de selecionar as informações relevantes para quem for realizar o projeto. O Sistema de Informações Geográficas (SIG) apresenta um poderoso conjunto de ferramentas capazes de coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados espaciais, tornando-se um aliado ao processamento e tratamento dos dados produzidos pela referida tecnologia. (BURROUGH *et. al.*, 1998).

O georreferenciamento permite que sejam obtidas informações precisas sobre a localização de um objeto, de modo que essa localização possa ser identificada e sua posição comparada com distintas informações geográficas. Para esta finalidade, é necessária a utilização de

equipamentos como GPS, drones, estações totais, dentre outros, que permitem a coleta de dados georreferenciados. Esses dados podem ser utilizados, por exemplo, no georreferenciamento de modelos BIM.

Além de fornecer os dados geométricos sobre as características em três dimensões dos elementos que compõem a construção, o conceito BIM também inclui suas propriedades e características, sejam elas propriedades mecânicas, prazos ou custos. Outro item importante é a capacidade de guardar informações paramétricas e relacionar entre os diversos elementos ditos (LINO J. S. *et al.*, 2012).

Um conceito utilizado para a classificação de modelos BIM é o Nível de Desenvolvimento ou *Level of Development* (LOD). Ele é utilizado para classificação de modelos BIM quanto ao tipo, quantidade e características das informações contidas nele a medida em que é desenvolvido (DÁVILA, 2018). Suas especificações foram introduzidas pela primeira vez pelo Instituto Americano de Arquitetos (*American Institute of Architects*) em 2008, onde foram definidos cinco níveis de desenvolvimento que um modelo BIM pode se adequar, sendo eles: LOD100, LOD200, LOD300, LOD350 e o LOD 400.

De acordo com Manzione (2013), o potencial do conceito BIM pode ser descrito pela sua capacidade de compatibilizar os projetos, uma vez que o BIM funciona como uma construção virtual do que futuramente virá a ser a construção real do projeto, ou de como o projeto está, como é o caso do BIM *as-is*.

Groetelaar (2015) afirma que o modelo *as-is* representa o estado atual da edificação, feito, na maioria das vezes, muito tempo após sua conclusão. Essa representação é criada a partir de informações coletadas por meio de técnicas de levantamento como a digitalização a *laser* ou levantamento topográfico, fornecendo detalhes precisos do edifício, incluindo informações como sua geometria, sistemas de construção e características estruturais.

Em relação ao emprego do BIM e *laser scanner*, é verificado que essas tecnologias podem ser utilizadas para diversas finalidades, em diferentes escalas de abrangência e níveis de detalhamento. Pode-se dizer também que essas tecnologias são de grande importância na construção civil (GROETELAARS *et al.*, 2011).

Segundo Mundo AEC (2018), a nuvem de pontos torna-se ainda mais importante quando utilizada em conjunto com um *software* BIM, visto que é possível importar os dados gerados para programas como o Revit.

De acordo com Justi (2008), o Revit é uma plataforma da Autodesk baseada na tecnologia BIM. É um *software* de modelagem arquitetônica e de engenharia, que também é um sistema de projeto e gerenciamento para todas as fases do processo de construção. Segundo Autodesk

(2017), o Revit permite que os usuários se concentrem mais na criação e visualização do projeto, sem perder horas desenhando linha por linha. Como o sistema funciona de forma inteligente, quando o projetista cria elementos como paredes, portas ou telhados, o sistema entende e cria automaticamente seções e fachadas.

A nuvem de pontos vinculada ao Revit permite a modelagem e a criação de modelos *as-is* (como construídos) ou *as-built* (como estão) para visualizar o estado atual do local, servindo para várias finalidades, como reformas e manutenção, por exemplo. A modelagem de *as-is* e de nuvem de pontos no Revit tornou-se mais popular, aumentando a eficiência do planejamento e execução do projeto. As especificações mínimas para rodar um *software* de manipulação de nuvem de pontos, é de um processador de 2 GHz, 32 GB de memória RAM e uma placa de vídeo dedicada de pelo menos 4 GB. (KNOWLEDGE FARO, 2020).

Sobre a aplicação integrada da metodologia BIM e nuvens de pontos Groetelaars, (2015), ressalta que a partir do ano de 2013 houve um aumento considerável no número de artigos publicados sobre o levantamento métrico através do *laser scanner*. A nuvem de pontos passa a ter um maior destaque nos últimos tempos na modelagem BIM. A autora ainda comenta, que isso se deve à maior difusão das vantagens das tecnologias BIM para representação e gerenciamento das edificações que já existem.

Este tipo de abordagem vem sendo cada vez mais utilizado na construção civil, e, na literatura, é possível encontrar trabalhos que fazem uso das tecnologias *laser* e BIM para a obtenção de informações para diferentes objetivos: demolição (LING MA *et al.*, 2022); comparação entre métodos de levantamento (GOUVEIA, 2020); modelagem *as-is* de empreendimentos (DODL, 2018); Inspeção de pontes e viadutos (BORDIN *et al.*, 2014); geração de modelos digitais de terreno (LOPES, 2016).

Dessa forma, o presente trabalho apresenta o uso da tecnologia *laser* para a realização de levantamentos em edificações, utilizando o produto do levantamento para a realização da representação *as-is* BIM de um empreendimento.

1.1 Objetivos gerais

O objetivo deste estudo é realizar a combinação entre o BIM e da nuvem de pontos, realizando uma modelagem arquitetônica tridimensional no *software* Revit, da Autodesk, através do produto gerado por um levantamento em um empreendimento comercial, com a utilização do equipamento *laser scanner*.

1.1.1 Objetivos Específicos

Com o propósito de efetuar as avaliações necessárias, este trabalho tem como objetivos específicos:

- Levantamento utilizando o equipamento Laser Scanner VZ400i;
- Processamento da nuvem de pontos;
- Modelagem com o *software* Revit de um empreendimento comercial utilizando o levantamento com o equipamento Laser Scanner VZ400i;

2 METODOLOGIA

É importante salientar que o levantamento e produtos gerados foram desenvolvidos com o apoio da empresa Techmap Engenharia, que forneceu equipamentos, licença de *softwares*, bem como o apoio logístico do trabalho.

A metodologia foi dividida em cinco etapas principais, sendo elas a caracterização do local de estudo, o planejamento, o levantamento, o processamento e a modelagem BIM do empreendimento. Na Tabela 1, estão descritos os equipamentos e *softwares* utilizados.

Tabela 1 – Equipamento e *softwares* utilizados

EQUIPAMENTOS E SOFTWARES UTILIZADOS	OJETIVO
Equipamento <i>laser scanner</i> VZ400i RIEGL	Levantamento <i>LIDAR</i> do empreendimento
Tripé	Posicionamento do equipamento em uma altura que permita uma maior captação de pontos
<i>Software</i> RiSCAN Pro	Processamento dos escaneamentos
<i>Software</i> Recap Pro	Conversão entre os formatos da nuvem de pontos
<i>Software</i> Autodesk Revit, versão 2021	Modelagem BIM
<i>Notebook</i> Acer AMD Ryzen 5 2.10GHz, 8GB de memória RAM e placa de vídeo dedicada de 4GB.	Processamento e modelagem da nuvem

Fonte: A autora (2023)

Os scanners terrestres da linha VZ, mostrado na Figura 1, se destacam pela altíssima velocidade (122.000 a 500.000 pts/s) na aquisição de dados 3D, pelo alcance (600 a 6.000 m), pela alta precisão (3 a 10mm) e por serem equipamentos portáteis e de fácil manuseio. São

capazes de realizar varreduras de até 360 graus na horizontal e 100 graus na vertical em poucos segundos (RIEGL,2020). As especificações técnicas do *laser* scanner VZ400i estão no Anexo B. Para este levantamento foi utilizada a taxa de emissão de pulsos de 1200Khz, a fim de se obter uma nuvem mais densa.

Figura 1 – Equipamento VZ400i atrelado ao tripé para levantamento



Fonte: Techmap Engenharia (2022)

2.1 Caracterização do local de estudo

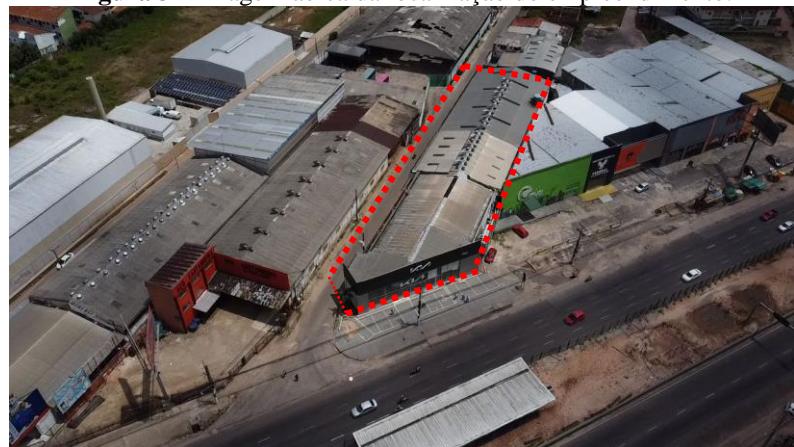
O levantamento foi realizado em agosto de 2022, em um empreendimento comercial localizado no município de Belém, Pará (PA). O empreendimento possui aproximadamente 2057 m² construídos, possuindo salas, banheiros, copa, jardim, entre outras áreas. Na Figura 2, tem-se a localização da edificação na Rodovia Bernardo Sayão. As Figura 3 e 4 apresentam uma imagem aérea do empreendimento e a fachada do local, respectivamente.

Figura 2 – Localização do empreendimento



Fonte: Google Earth (2023)

Figura 3 – Imagem aérea da localização do empreendimento.



Fonte: Techmap Engenharia (2022)

Figura 4 – Fachada do empreendimento



Fonte: Google Earth (2023)

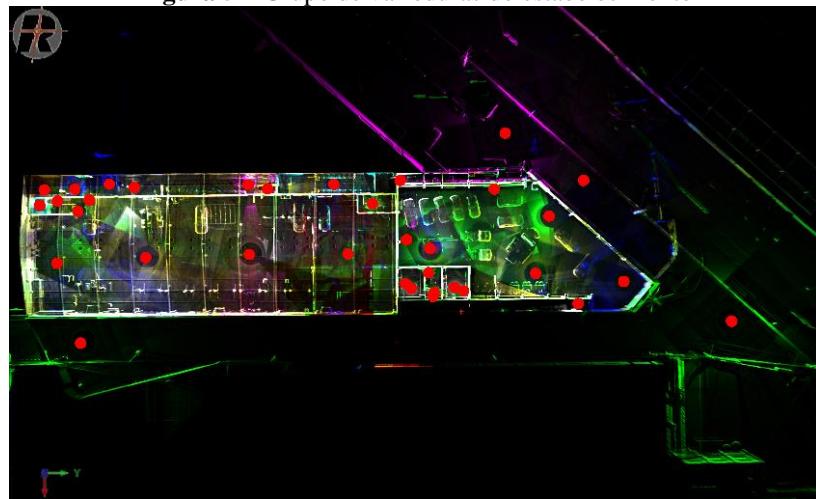
2.2 Planejamento

2.2.1 Varreduras

Antes do início do levantamento, foi realizada uma inspeção no estabelecimento, a fim de identificar possíveis problemas nas etapas pós varredura. Desta forma, foi realizada a retirada de obstáculos que poderiam comprometer a visualização da nuvem de pontos, além da retirada de cortinas que pudessem comprometer a visualização de detalhes dos vãos das janelas e seus montantes.

Nesta primeira etapa, as posições utilizadas para os escaneamentos foram definidas, totalizando 35 posições, mostradas na Figura 5, onde cada ponto em vermelho representa uma posição estabelecida para o escaneamento. A escolha das posições levou em consideração alguns critérios, como a quantidade de cômodos do imóvel e o raio de alcance do equipamento, uma vez que, para facilitar a etapa do processamento, seria necessário que as posições se interceptassem.

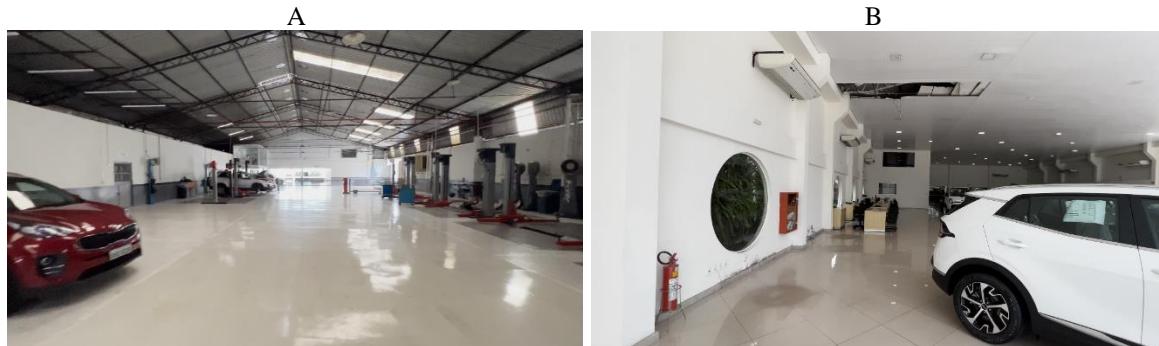
Figura 5 – Grupo de varreduras do estabelecimento



Fonte: A autora (2023)

O layout interno do estabelecimento possui alguns compartimentos e um amplo vão livre. Algumas fotos e vídeos internos e externos também foram colhidos com o objetivo de auxiliar a compreensão do local e dos ambientes. A Figura 6 apresenta algumas fotografias retiradas do local. Na Figura 6A é possível visualizar o vão livre do estabelecimento. Na Figura 6B, é mostrada a imagem do cômodo de entrada do local, que possui forro.

Figura 6 – Fotografias retiradas do local. Vão livre do empreendimento (A); ambiente de entrada (B)



Fonte: Techmap Engenharia (2022)

2.2.2 Implantação de marcos de controle

Para o georreferenciamento da nuvem, foi realizado o levantamento com o auxílio do receptor GPS/GNSS RTK de dois pontos localizados na área externa do imóvel. Para o rastreio dos pontos, foi contratado um profissional da região, responsável por toda a operação do equipamento utilizado.

O primeiro ponto levantado, visto na Figura 7, está localizado na calçada do estacionamento, próximo à entrada da edificação. O segundo ponto, visto na Figura 8, está situado na rua Jardim

Anabiju, localizada na lateral do estabelecimento. Após o rastreio de ambos os pontos, foram obtidas as coordenadas UTM dos marcos rastreados, vistos na Tabela 2. Na Figura 9 é possível visualizar a localização dos pontos através do Google Earth. No Anexo A são apresentados os relatórios de processamento por ponto preciso (PPP) dos pontos 1 e 2, respectivamente.

Figura 7 – Rastreio do ponto 1

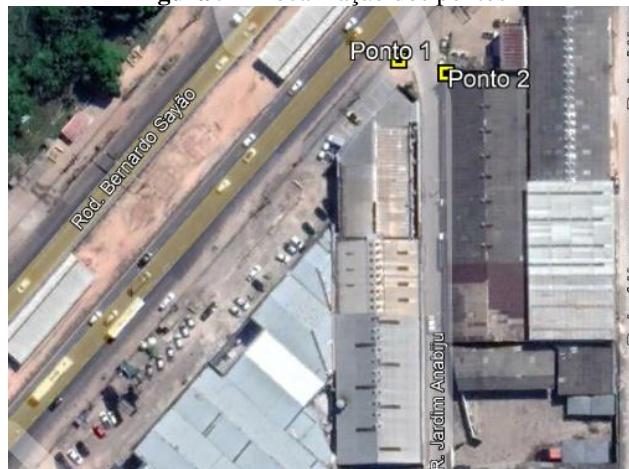


Fonte: Techmap Engenharia (2022)

Figura 8 – Rastreio do ponto 2



Fonte: Techmap Engenharia (2022)

Figura 9 – Localização dos pontos

Fonte: Google Earth (2023)

Tabela 2 – Coordenadas UTM dos marcos rastreados

PONTO	COORDENADA ESTE (m)	COORDENADA NORTE (m)	ALTITUDE (m)
1	786310,177	9844931,026	19,10
2	786322,496	9844927,573	18,97
Datum SIRGAS2000/Fuso 22/Hemisfério Sul			

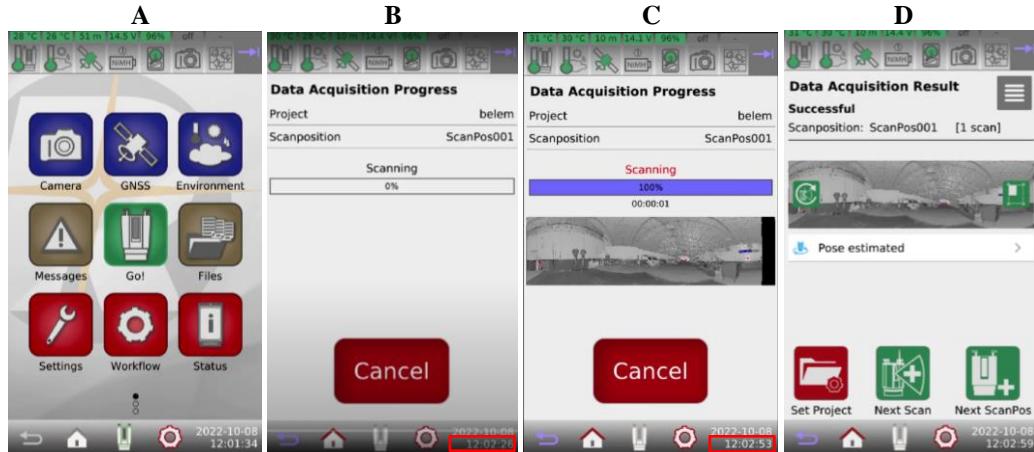
Fonte: A autora (2023)

2.3 Levantamento

Para a aquisição dos dados (escaneamentos), o equipamento foi posicionado em cada uma das posições definidas conforme o item 2.2.1. A mudança de posição ocorria após a finalização do escaneamento em cada um dos locais. Conforme o equipamento mudava de uma posição para outra, o nome atribuído a cada escaneamento também era modificado no equipamento.

Na Figura 10, tem-se a visualização do primeiro escaneamento realizado, onde é possível observar, na Figura 10A, a interface do equipamento VZ 400i. Após selecionar a opção “Go!” na interface do laser, segue-se para a próxima etapa, a do escaneamento. Esta etapa pode ser vista na Figura 10B, onde “ScanPos001” se refere ao nome atribuído ao primeiro escaneamento realizado no local. Na Figura 10C mostra o progresso desse escaneamento. Já na Figura 10D, é possível visualizar uma prévia dele.

Figura 10 – Primeiro escaneamento realizado. Interface do equipamento (A); Progresso do escaneamento (B); Finalização do escaneamento (C); Pré-visualização do escaneamento (D).



Fonte: A autora (2023)

Para a finalidade do trabalho realizado, optou-se a execução de varreduras monocromáticas, uma vez que a varredura colorida, pode acarretar um tempo de execução muito superior se comparado a varredura em tons de cinza, podendo ser de 20% a 250% maior, dependendo da resolução (D'AVILA, 2018). Esse tipo de varredura não implica na perca de informações ou detalhes da edificação.

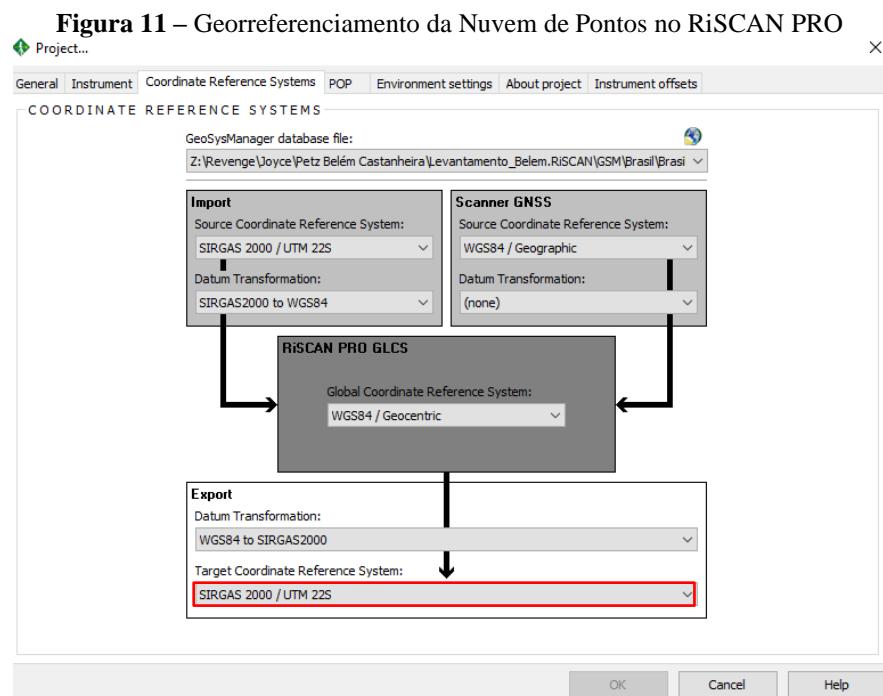
Durante o escaneamento a *laser* na área interna do estabelecimento, não houve obstruções nas varreduras provocadas pelo fluxo de pessoas, uma vez que o levantamento foi realizado em um dia com pouca movimentação no local. Da mesma forma, foi realizada a varredura externa. Mesmo havendo o trânsito de pessoas e veículos, foi possível realizar a varredura, visto que não houve obstruções significativas no escaneamento.

2.4 Processamento

Ao término dos escaneamentos, os arquivos originados das varreduras foram transferidos do equipamento *laser* para um *pendrive*, gerando um arquivo no formato GeoSLAM. Posteriormente, o arquivo foi convertido para a extensão .las, que é o formato de entrada dos *softwares* de processamento. Para a etapa de processamento da nuvem, o *software* utilizado foi o RiSCAN PRO.

Antes do processamento e preparo da nuvem, é feito o seu georreferenciamento. Para isso, é necessário ajustar os atributos do projeto, mais especificamente a aba “*Coordinate Reference Systems*”, mostrada na Figura 11. O sistema de referência de coordenadas é então inserido e, consequentemente, o projeto é georreferenciado. Uma vez que a localização do empreendimento é no estado do Pará, seu sistema de coordenadas atende ao SIRGAS 2000

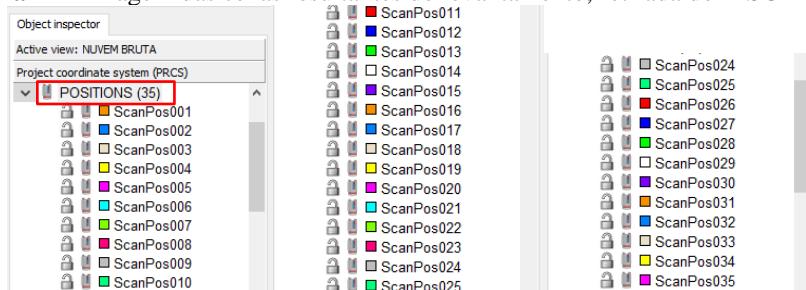
UTM 22S. Em seguida, os arquivos originados das varreduras são inseridos no *software*.



Fonte: A autora (2023)

O escaneamento com o equipamento *laser scanner*, gerou uma série de arquivos, as chamadas “cenas”. Na Figura 12, tem-se uma captura de tela retirada do *software* RiSCAN PRO, onde é possível observar as cenas criadas, localizadas na lista suspensa “POSITIONS”. O nome atribuído a cada uma delas é determinado durante o levantamento, onde “ScanPos001” se refere ao primeiro escaneamento realizado, seguindo-se até o “ScanPos035”, referente a última posição levantada. Para visualizar os limites entre as digitalizações no RecapPro, cada posição recebeu uma cor de forma aleatória.

Figura 12 – Imagem das cenas resultantes do levantamento, retirada do RiSCAN PRO



Fonte: A autora (2023)

2.4.1 Filtragem

Após o término do processamento, deu-se início a preparação da nuvem de pontos para exportação, removendo pontos fantasmas, pontos fora da área de interesse e outros pontos que seriam dispensáveis para a modelagem. O procedimento de filtragem é necessário para que o arquivo a ser trabalhado se torne mais leve, bem como para se obter uma melhor visualização da área de interesse, auxiliando no momento da modelagem.

Os filtros foram utilizados com o objetivo de remover itens desnecessários para a modelagem, e não foram realizados de forma minuciosa, como por exemplo para a remoção de vegetações nos arredores do estabelecimento. Porém, caso o objetivo da filtragem fosse a obtenção da topografia local, seria necessária uma filtragem mais precisa sobre os pontos, permitindo a obtenção da nuvem referente apenas ao terreno das imediações do empreendimento.

2.4.2 Conversão entre formatos

Para que a modelagem pudesse ser realizada no *software* Revit, foi necessária a conversão entre o formato da nuvem de pontos gerada pelo RiSCAN PRO, para um formato de arquivo suportado pelo programa, sendo escolhido o formato .rcp por ter um melhor desempenho computacional. Para a conversão do formato .las para o .rcp foi utilizado o *software* Autodesk RecapPRO.

2.5 Modelagem BIM

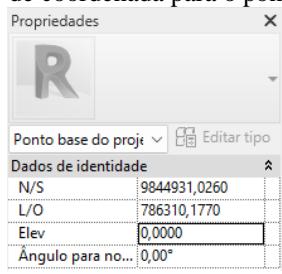
O equipamento *laser scanner* levantou todas as informações possíveis. Após o processamento e conversão entre arquivos, deu-se início a criação do modelo BIM, com todas as informações que foram capturadas.

A nuvem de pontos obtida foi carregada dentro de um projeto em branco no Revit, utilizando um modelo de template arquitetônico predefinido, que atendesse as necessidades básicas da modelagem, com unidades de comprimento em metros (m), sendo a mesma unidade das coordenadas UTM dos pontos levantados (Tabela 2).

Em seguida, o arquivo Revit foi georreferenciado através dos pontos base do projeto, cujas informações de coordenadas foram preenchidas. A Figura 13 mostra o preenchimento do ponto base com os dados do ponto 1 (Tabela 2). Com o ponto base preenchido, o próximo passo foi a

criação dos principais níveis da edificação.

Figura 13 – Configuração de coordenada para o ponto base do projeto no Revit



Fonte: A autora (2023)

Os níveis foram desenvolvidos de modo a criar plantas de piso que, posteriormente, pudessem ser utilizadas para a modelagem. Foram criados níveis que atendessem as estruturas de piso e cobertura do local.

Após a criação dos níveis, deu-se início a modelagem das estruturas presentes na edificação. Com base nos conceitos de Nível de Desenvolvimento da Modelagem (LOD), foi definido como nível de desenvolvimento o LOD 300 para o modelo BIM do empreendimento. Esse nível é suficiente para concentrar informações volumétricas da arquitetura da construção, sem incluir detalhes como móveis, acabamentos, tubulações ou outras características específicas.

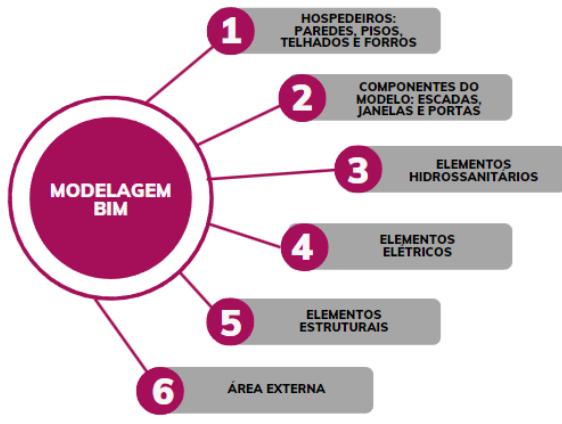
Optou-se por realizar uma modelagem não ortogonal, ou seja, a modelagem foi realizada considerando as imperfeições construtivas como desaprumos e desalinhamentos, com o objetivo de representar, com maior exatidão, o estado atual da edificação.

Para a modelagem, foram considerados os seguintes itens:

- Arquitetura: ambientes, áreas, esquadrias, níveis etc.;
- Elétrico: tomadas, interruptores, quadros, luminárias etc.;
- Hidrossanitário: lavatórios, vasos, chuveiros etc;
- Estrutural: pilares, vigas e treliças.

A modelagem foi feita sobre a nuvem, seguindo o organograma mostrado Figura 14, onde a primeira etapa foi a modelagem dos hospedeiros. Os itens complementares, como elementos elétricos e hidrossanitários, foram modelados após os componentes do modelo. Posteriormente, foi realizada a modelagem da área externa.

Figura 14 – Organograma dos elementos da modelagem no Revit



Fonte: A autora (2023)

Para a representação da área externa do estabelecimento, a Techmap Engenharia forneceu as curvas de nível, geradas através da nuvem, facilitando assim a construção da topografia externa do estabelecimento, já que com o uso da ferramenta “Massa e terreno” do Revit é possível obter superfícies a partir de curvas de nível que possuam valores de elevação.

Para evitar qualquer mudança no posicionamento da nuvem no Revit durante a modelagem, acarretando em uma modelagem menos precisa e eficiente, foi utilizada a ferramenta “Fixar”, que não permite que deslocamentos, na vertical ou horizontal, sejam feitos no objeto fixado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Levantamento

A Tabela 3 apresenta os grupos de varreduras e o tempo decorrido para os escaneamentos. O tempo total para os escaneamentos considerou a duração das varreduras em si, bem como o tempo do deslocamento de uma posição para outra, seja esse deslocamento horizontal ou vertical.

Tabela 3 – Grupo de varreduras e tempo de execução dos escaneamentos

GRUPO DE VARREDURAS	QUANTIDADE DE VARREDURAS	TEMPO DE ESCANEAMENTO (hr:min:seg)
INTERNAS	31	00:48:43
EXTERNAS	4	00:10:19
TOTAL	35	0:59:02

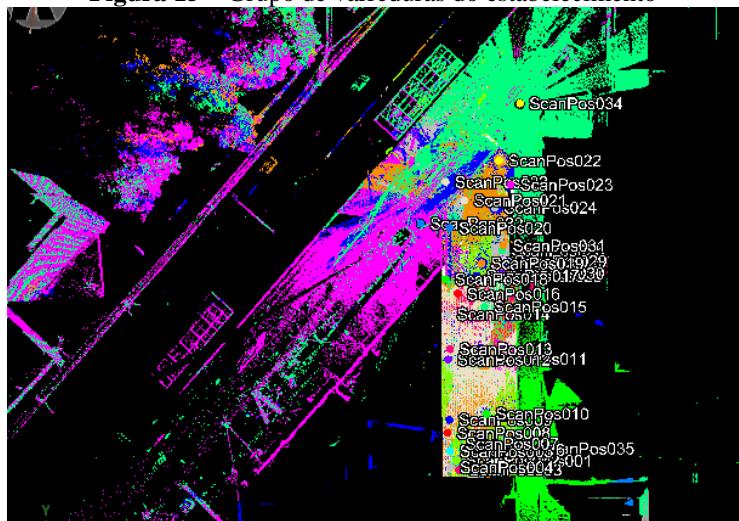
Fonte: A autora (2023)

Analisando a Tabela 3, é possível constatar que o tempo total despendido para o levantamento foi de, aproximadamente, 1 hora. Um período consideravelmente curto quando comparado com o tempo necessário para realizar o mesmo procedimento por métodos tradicionais, como a medição com trena. Além disso, é improvável que a quantidade de informações coletadas fosse tão completa quanto com o uso da tecnologia empregada neste caso.

3.2 Processamento

Como resultado do processamento, tem-se a nuvem de pontos apresentada na Figura 15, que exibe a vista de correspondência do RiSCAN PRO com os grupos de varreduras devidamente posicionados. Conforme citado no item 2.4, cada nuvem recebeu uma cor distinta, onde, por exemplo, a cor verde é referente a varredura da posição 34.

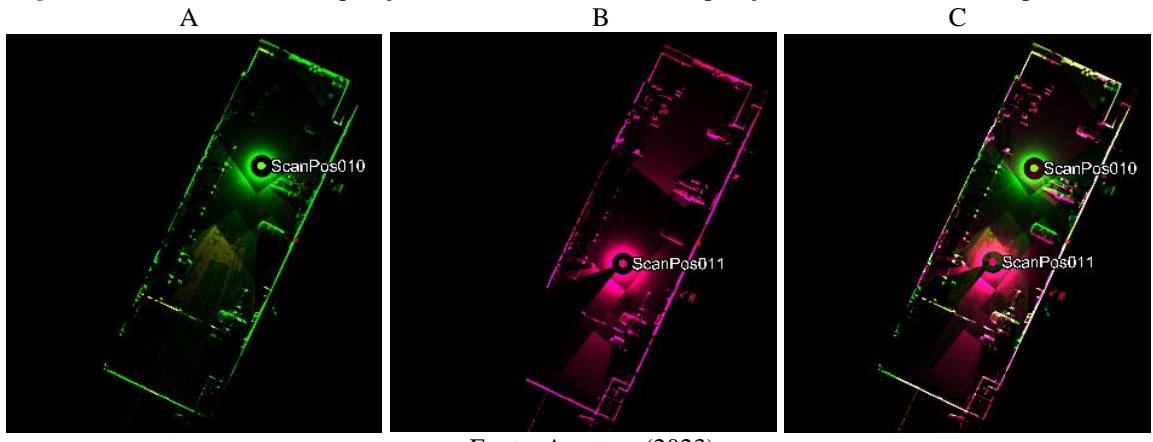
Figura 15 – Grupo de varreduras do estabelecimento



Fonte: A autora (2023)

Como as cenas foram obtidas permitindo a sobreposição das nuvens, a compatibilização final das 35 cenas foi feita com sucesso, uma vez que o *software* foi capaz de identificar facilmente as intersecções entre os escaneamentos, possibilitando a compatibilização entre eles. A Figura 16 apresenta um exemplo da sobreposição entre as nuvens, onde a região verde (Figura 16A) corresponde a cena da posição 10, seguida da cena da posição 11, na cor magenta (Figura 16B). É possível observar, na figura 16C, que a área de ambas as nuvens se sobrepõe.

Figura 16 – Escaneamento na posição 10 (A); Escaneamento na posição 11 (B); Nuvens sobrepostas (C).



Fonte: A autora (2023)

Analisando a Figura 16, é possível observar que o alcance do laser se mostrou eficaz, uma vez que realizou o levantamento completo de ambas as posições, permitindo a sobreposição entre as cenas. Na cena da posição 11, na Figura 16B, há uma área com baixa densidade de pontos. Na Figura 16C é possível observar que a sobreposição entre as áreas supriu esse problema, evitando que a área ficasse sem pontos.

Na cena criada na posição 33, como mostrado na Figura 17, é possível observar uma área circular abaixo da localização do equipamento de escaneamento, que possui uma baixa densidade de pontos no seu interior. Analisando a imagem, é possível concluir que isto ocorre porque o giro vertical do equipamento não abrange uma rotação completa de 360°, como ocorre com o giro horizontal, o que impede a captura de pontos na superfície abaixo do laser. Essa limitação foi encontrada para todos os escaneamentos realizados.

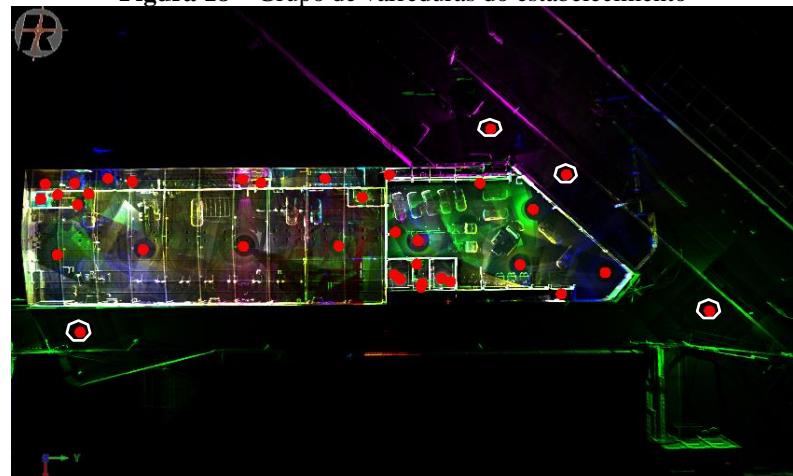
Figura 17 – Escaneamento da posição 33



Fonte: A autora (2023)

Como apresentado no item 2.3.1, foram realizadas 31 varreduras internas e 4 varreduras externas, onde cada varredura é marcada por um ponto vermelho na Figura 18. Nela, é possível observar 4 pontos vermelhos no exterior do estabelecimento, marcados pelo hexágono branco, referentes aos posicionamentos das 4 varreduras externas.

Figura 18 – Grupo de varreduras do estabelecimento



Fonte: A autora (2023)

Analizando a Figura 18, é possível observar que os escaneamentos não foram realizados no interior de todos os cômodos, já que alguns deles não possuem pontos no seu espaço. Isso se deve, em parte, ao fato de que alguns locais estavam trancados e, portanto, inacessíveis para o levantamento. Em outros casos, a área era tão pequena que não foi possível alocar o equipamento para realizar o escaneamento no interior desses ambientes.

Observa-se na Figura 19, que uma parte do telhado não foi levantada. Essa limitação ocorreu devido à presença de forro em uma área do estabelecimento (Figura 6), o que impossibilitou o levantamento do telhado acima dele. Como o *laser* se restringe a levantar superfícies que estão dentro do seu raio de alcance, o telhado, que se encontra acima do forro, não foi levantado.

Figura 19 – Imagem da nuvem de pontos retirada do RiSCAN PRO



Fonte: A autora (2023)

Já na Figura 20, foi possível realizar o levantamento completo do telhado metálico devido à ausência de forro no vão livre do estabelecimento (Figura 5).

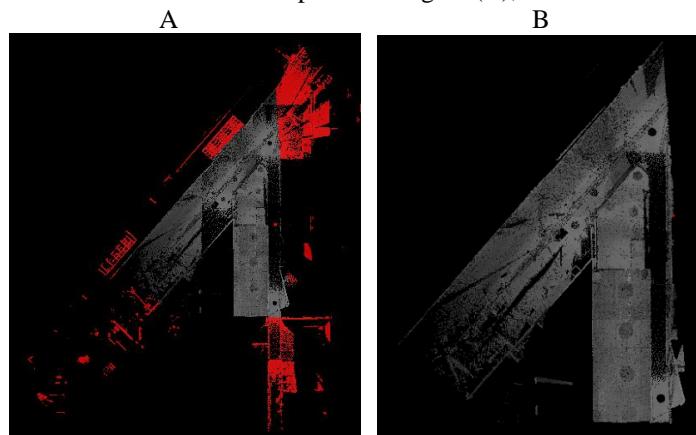
Figura 20 – Imagem de corte transversal retirada do RiSCAN PRO.



Fonte: A autora (2023)

A etapa de filtragem gerou uma nuvem mais compacta. Os pontos selecionados para serem filtrados são apresentados na Figura 21A, na coloração vermelha. A Figura 21B apresenta o resultado da nuvem após a filtragem desses pontos.

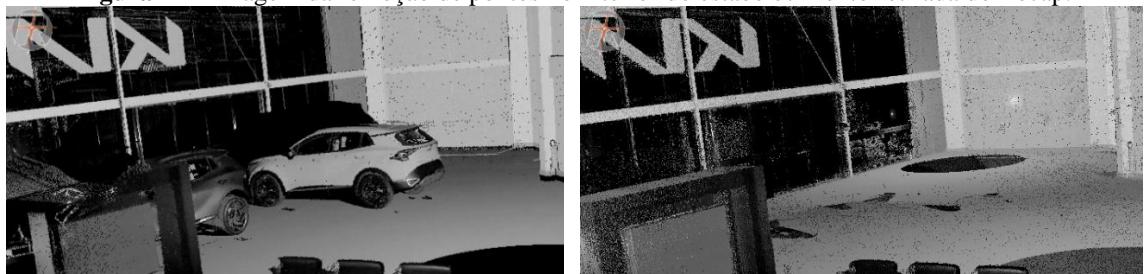
Figura 21 – Pontos selecionados para a filtragem (A), Nuvem filtrada (B).



Fonte: A autora (2023)

Durante o levantamento, alguns veículos estavam presentes no interior do estabelecimento e não puderam ser retirados. No entanto, na etapa de processamento, foram removidos da nuvem de pontos. Um dos resultados da filtragem de veículos no interior do local pode ser observado na Figura 22.

Figura 22 – Imagem da remoção de pontos no interior do estabelecimento retirada do Recap.



Fonte: A autora (2023)

Uma vez que os pontos indesejáveis foram removidos da nuvem, seu tamanho final foi reduzido. Na Figura 23, pode-se observar o tamanho bruto da nuvem e o seu tamanho resultante após a filtragem.

Figura 23 – Tamanho dos arquivos.

	NUVEM BRUTA	9.217.112 KB
	NUVEM FILTRADA	3.735.922 KB

Fonte: A autora (2023)

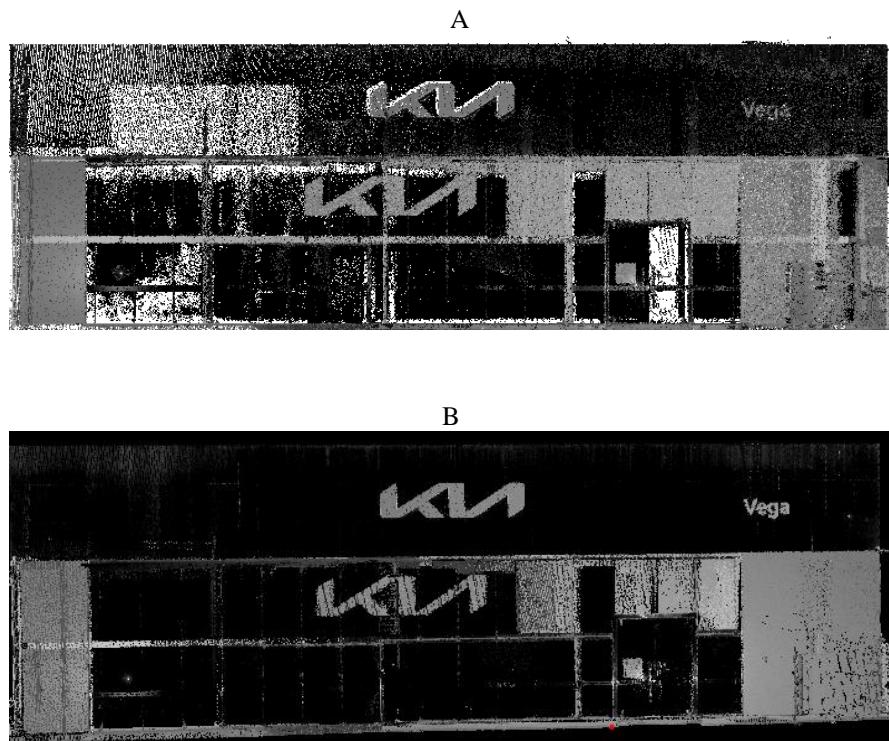
Ao analisar a Figura 23, percebe-se que a etapa de filtragem é crucial, uma vez que remove objetos indesejados da nuvem de pontos, tornando o seu tamanho mais compacto. Isso influencia diretamente na etapa de modelagem, já que manusear uma nuvem de pontos mais leve torna o trabalho mais fluido.

Para a conversão entre os formatos .las para o .rcp da nuvem filtrada, foram necessárias 4 horas e, é importante destacar que esse período teria sido superior caso a conversão tivesse sido realizada com o arquivo bruto, que possui mais que o dobro do tamanho do arquivo filtrado, conforme apresentado na Figura 23.

3.3 Modelagem BIM sobre a nuvem

Após a inserção da nuvem de pontos no Revit, percebeu-se que sua visualização através do *software BIM* apresenta uma nuvem menos densa se comparada com a visualização do RiSCAN PRO, tornando sua qualidade inferior, como apresentado na Figura 24. Como resultado, alguns pontos da nuvem apresentaram ruídos, tornando difícil a medição precisa de determinados segmentos na modelagem.

Figura 24 – Visualização da nuvem de pontos no Revit (A); Visualização da nuvem de pontos no Recap (B).

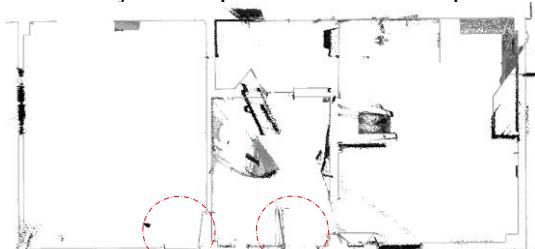


Fonte: A autora (2023)

Como o projeto foi realizado de modo a representar a situação atual do local, diferentes famílias de paredes tiveram que ser criadas, uma vez que as paredes do estabelecimento possuíam diferentes espessuras.

Portas e janelas também necessitaram da criação de novas famílias, já que para a representação de suas dimensões reais, as famílias presentes no template não atendiam as medidas necessárias. O fato de algumas portas estarem abertas, no momento do escaneamento, facilitou a localização destes itens em planta baixa, através da nuvem, já que a folha de giro da porta pode ser facilmente localizada na nuvem de pontos, como mostrado na Figura 25. Isso torna a alocação desses itens mais fluida, pois não há necessidade de realizar cortes para identificar sua posição.

Figura 25 – Visualização de esquadrias na nuvem de pontos no Revit.



Fonte: A autora (2023)

Para a modelagem do telhado acima do forro, foram utilizadas as dimensões obtidas através de um levantamento aéreo com VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado), realizado pela Techmap Engenharia.

Elementos como tomadas e interruptores não foram modelados em sua totalidade, já que alguns ambientes estavam fechados. Porém, elementos que puderam ser visualizados pela nuvem foram criados no modelo BIM, como mostrado na Figura 26, através de interruptores e conduítes que estavam expostos em uma parede do local.

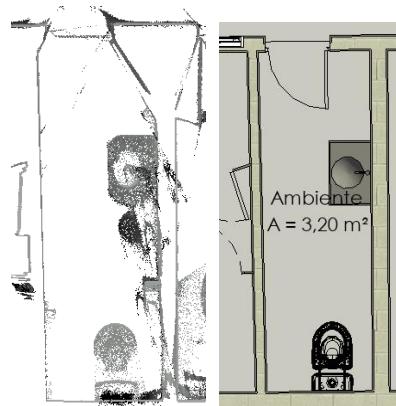
Figura 26 – Visualização de elementos elétricos na modelagem.



Fonte: A autora (2023)

Elementos hidrossanitários foram alocados em suas reais posições, sendo utilizadas famílias genéricas para suas representações. Como os banheiros existentes no local possuíam uma área pequena, o levantamento em seu interior se tornou inviável. Com isso, não foi possível determinar o posicionamento exato dos ralos existentes, uma vez que eles não ficaram visíveis na nuvem de pontos. A Figura 27 mostra a visualização da nuvem de pontos em um dos banheiros do estabelecimento e sua modelagem.

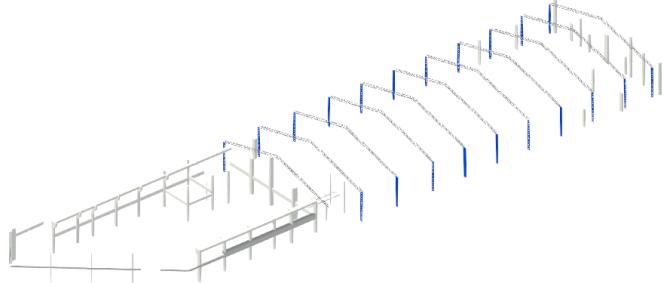
Figura 27 – Modelagem de peças hidrossanitárias através da nuvem de pontos.



Fonte: A autora (2023)

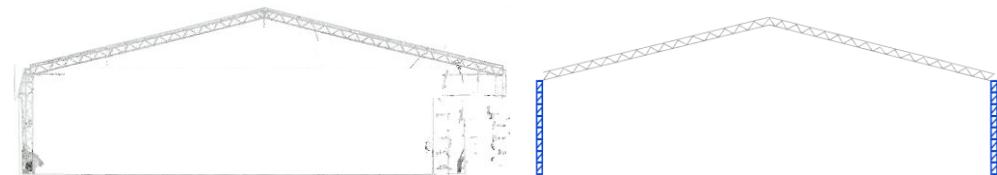
A representação dos elementos estruturais pode ser visualizada na Figura 28 através de um filtro aplicado no Revit. Na Figura 29, é possível visualizar um corte realizado na modelagem, em comparação com a mesma vista de corte aplicada na nuvem de pontos.

Figura 28 – Elementos estruturais da edificação, modelados no Revit, vistos em perspectiva.



Fonte: A autora (2023)

Figura 29 – Vista de corte para visualização de elementos estruturais da edificação.

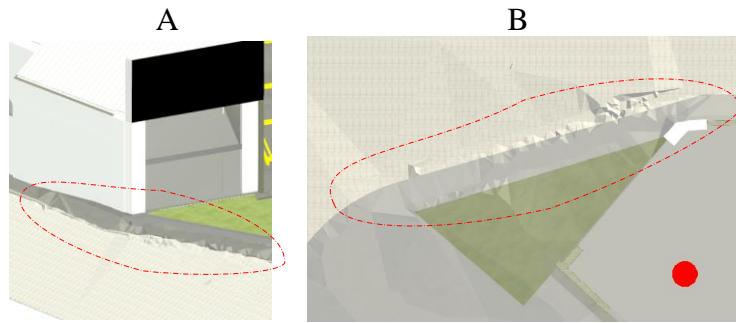


Fonte: A autora (2023)

Como a modelagem não foi realizada de forma ortogonal, os elementos estruturais demandaram um maior tempo para serem modelados, uma vez que as treliças não estavam devidamente alinhadas, além de possuírem diferenças entre si com relação as dimensões. Os pilares também não apresentaram um padrão construtivo, sendo modelados individualmente.

Para a representação da área externa do estabelecimento, a superfície gerada no Revit através das curvas de nível fornecidas pela Techmap Engenharia, apresentou algumas irregularidades na interpolação dos pontos da topografia, conforme mostrado na Figura 30. Isso se deve ao fato de que, no momento da filtragem, alguns pontos, referentes a vegetação ou interferências contidas no local, não foram removidos, fazendo com que a superfície criada os considerasse.

Figura 30 – Irregularidade encontrada na superfície. Vista isométrica (A); Planta baixa (B).



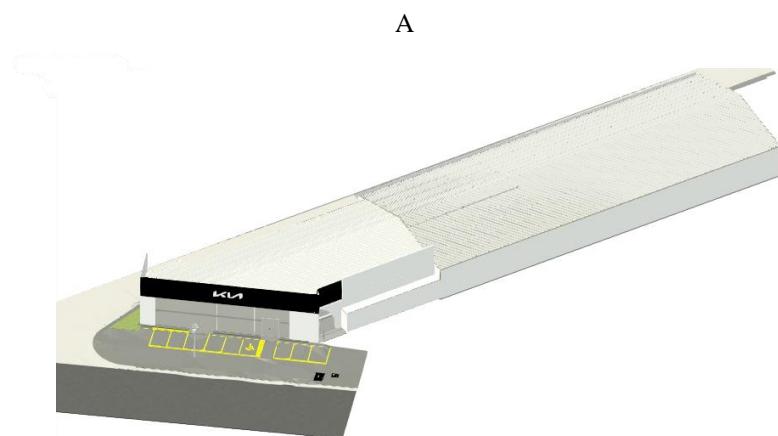
Fonte: A autora (2023)

Durante a modelagem, a utilização de uma segunda tela de computador tornou o processo mais prático, isso porque, como a modelagem exige a criação de muitas vistas de corte, além da visualização 3D de alguns ambientes, uma segunda tela permite que algumas dessas vistas fiquem fixadas no computador, podendo alterná-las facilmente, o que agiliza consideravelmente o processo.

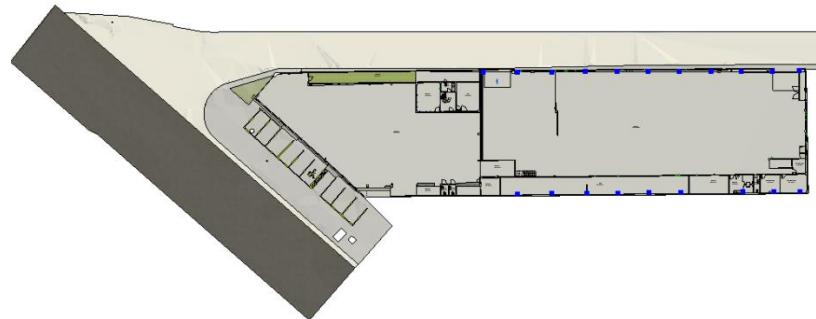
É importante enfatizar que, para realizar a modelagem através de vistas 3D no Revit, a ferramenta “caixa de corte” na nuvem de pontos foi amplamente utilizada. Isso porque, nas vistas e cortes gerados, os pontos tendem a se sobrepor, gerando uma confusão no entendimento das vistas. Com o uso da ferramenta, foi possível delimitar a área para visualização, fazendo com que a sobreposição entre os pontos fosse reduzida.

A modelagem BIM dos elementos do estabelecimento comercial, bem como da área externa levou aproximadamente 56 horas para ser finalizada. Sendo realizada uma rotina de 8 horas diárias. A Figura 31 apresenta o resultado da modelagem através de diferentes perspectivas.

Figura 31 – Modelo BIM do empreendimento: Perspectiva isométrica (A); Planta baixa (B); Perspectiva isométrica interna (C); Nuvem de pontos e Nuvem de pontos e Perspectiva isométrica interna (D); Nuvem de pontos e Perspectiva isométrica interna (E). Nuvem de pontos e Perspectiva isométrica interna (F)



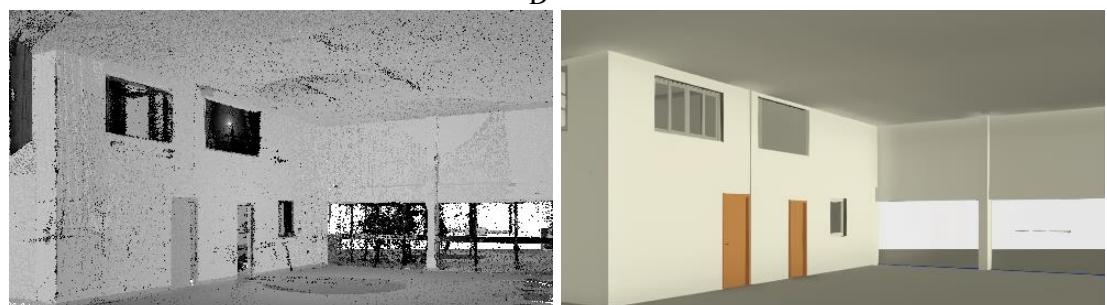
B



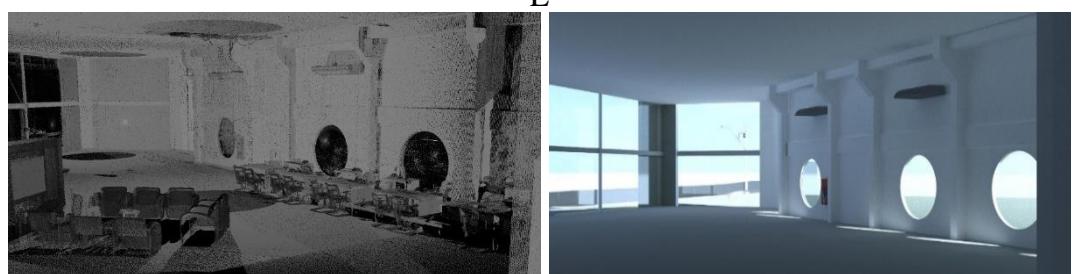
C

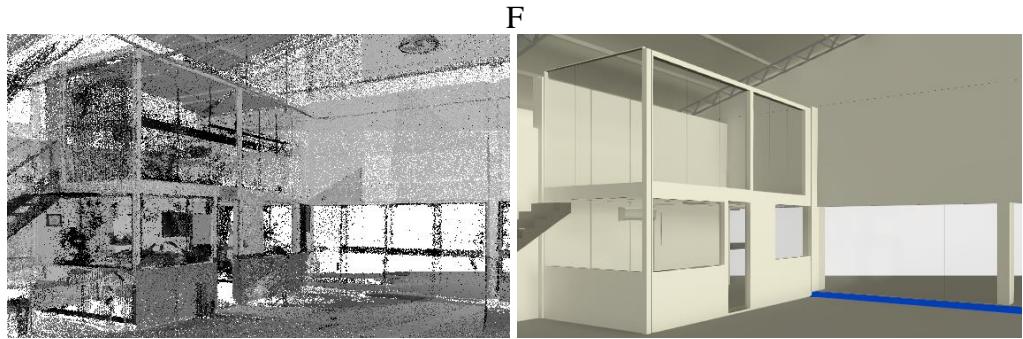


D



E





Fonte: A autora (2023)

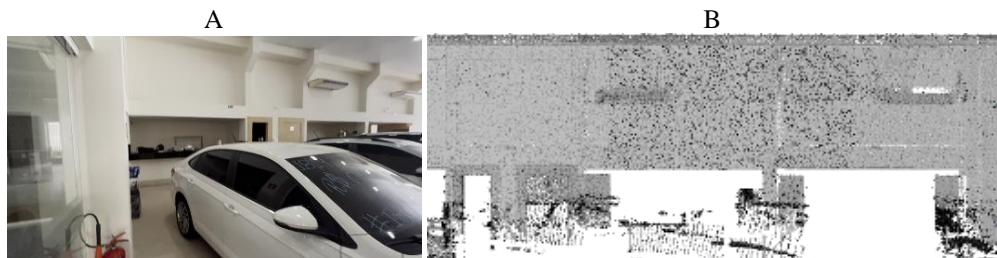
Um dos problemas encontrados na modelagem *as-is* do empreendimento foi a obstrução causada pelo mobiliário do ambiente na detecção de algumas paredes, conforme apresentado na seção 3.2, e apresentados na Figura 32, com a presença de móveis na face da parede, e na Figura 33, com a presença de veículos no interior do estabelecimento. Por esse motivo, a faixa de vista do projeto precisou ser alterada várias vezes para a identificação de medidas.

Figura 32 – Fotografia do local com obstruções (A); Nuvem de pontos comprometida pelos obstáculos (B).



Fonte: A autora (2023)

Figura 33 – Veículos no interior do estabelecimento (A); Nuvem de pontos comprometida (B).



Fonte: A autora (2023)

A utilização da modelagem ortogonal no projeto do empreendimento acarretaria em um tempo menor para a sua execução, uma vez que poderiam ser aplicados padrões para paredes, por exemplo. Não havendo a necessidade de criação de tantas famílias distintas desse elemento. Ademais, poderiam ser desconsiderados desalinhamentos sutis entre paredes, tornando o projeto mais padronizado e com um melhor layout.

O tempo para modelagem do empreendimento poderia ser menor caso fossem utilizados métodos que permitem a modelagem semiautomática da nuvem de pontos, porém, esse método necessita de equipamentos e licenças exclusivas. Segundo estudo realizado por Dodl e Lemos (2018), obteve-se uma redução de tempo de 35% na modelagem de elementos arquitetônicos utilizando o método semiautomático em comparação a modelagem utilizando apenas as ferramentas originais do Revit.

4 CONCLUSÕES

O produto do levantamento com o *laser scanner* apresentou uma baixa densidade de pontos em locais que continham obstáculos. É o caso de algumas paredes, que apresentavam móveis em sua face, e o caso do telhado, que precisou de métodos complementares para a obtenção das medidas para a sua representação na modelagem. A eficiência da etapa de processamento poderia ter sido maior se houvesse a possibilidade do *laser* acessar a parte superior do estabelecimento, podendo assim levantar as medidas do telhado. Além disso, se o local tivesse totalmente desobstruído, todas as superfícies teriam sido registradas.

O processo de modelagem não ocorreu tão produtivamente devido à necessidade de um hardware potente para a manipulação e modelagem da nuvem de pontos de forma satisfatória. Por esse motivo, o computador, por vezes, apresentou travamentos que fizeram com que o tempo total da modelagem fosse maior do que o necessário. Também é importante saber quais as ferramentas que o *software BIM* oferece que podem garantir uma facilidade maior para o projetista no momento da modelagem, tornando a nuvem de pontos mais comprehensível para o projeto.

Apesar das limitações encontradas, a combinação do levantamento com o *laser scanner* e a tecnologia BIM demonstrou sua eficácia, pois permitiu a obtenção de medidas precisas para a modelagem. Além disso, revelou-se bastante eficiente por fornecer uma grande quantidade de informações em um curto período de tempo.

REFERÊNCIAS

AUTODESK. Revit LT. 2017. Disponível em: <http://www.autodesk.com/products/revitlt/overview>. Acesso em: 04 abr. 2023.

BEIRÃO, Carla Castello Branco. **O potencial do laser scanner terrestre para o inventário do patrimônio arquitetônico**. 2011. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

BESADA, Diego. **BIM (LOD) 100 – 500 no Ciclo de Vida do Projeto de Construção**. Barlelona: Zigurat Global Institute of, 2021. Disponível em: <https://www.e-zigurat.com/blog/pt-br/lod-100-500-ciclo-vida-projeto-construcao/>. Acesso em: 23 mar. 2023.

BURROUGH, P.A. **Gis and geostatistics: Essential partners for spatial analys**. Utrecht Centre for Environment and Landscape Dynamics (UCEL) - Faculty of geographical Science – 1999.

DODL, Luciano D'ávila. **Caderno De Boas Práticas Para As-Is Bim Usando Laser Scanner Faro e Revit**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Engenharia Civil, Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

FARO. **Scene: Scene 2018 Classic Manual do Usuário**. Lake Mary: Faro Technologies Inc., 2018.

FERRAZ, Rodrigo; SOUZA, Sérgio; REIS Mário. **Laser Scanner Terrestre: teoria, aplicações e prática**. Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. 2016

GONÇALVES, R. **Dispositivo de varredura laser 3D terrestre e suas aplicações na Engenharia, com ênfase em túneis**. 2007. 103 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

GOUVEIA, Vitor Bez; **Comparação entre os métodos as built tradicional e com modelagem BIM sobre nuvem de pontos**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Santa Catarina – Departamento de Engenharia Civil – 2020

GROETELAARS, Natalie Johanna. **Criação de Modelos BIM a partir de "Nuvens de pontos"**: Estudo de métodos e técnicas para documentação arquitetônica. 2015. 372 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

JUSTI, A. R. **Implantação da plataforma Revit nos escritórios brasileiros**. Gestão & Tecnologia de Projetos, v. 3, n. 1, p. 140-152, 2008.

LAURINDO, Gustavo Corrêa; **Aplicação do laser scanning direcionado à documentação do patrimônio arquitetônico**. Trabalho de conclusão de Curso - Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL. 2021

LENARTOVICZ I. R., VEIGA L. A. K., FAGGION P. L., NADAL C. A. , SOARES M. A. **Potential evaluation of the Terrestrial Laser Scanner in structural monitoring: case study Maua HPP.** Revista Brasileira de Cartografia. Vol. 66, No. 7, 2014

LING M.; JIANG F.; BROYD T.; CHEN K.; LUO H.; DU M. **Building demolition estimation in urban road widening projects using as-is BIM models.** School of Civil and Hydraulic Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China, 2022.

LINO, J. C.; AZENHA, M.; LOURENÇO, P. **Integração da Metodologia BIM na Engenharia de Estruturas.** Encontro Nacional Betão Estrutural - Be2012, FEUP, p. 1-10, 2012.

LOPES M. R.; PORTUGAL J.L. **Filtragem de Dados LiDAR de Área com Relevo Acidentado para Geração de Modelo Digital do Terreno.** Anuário do Instituto de Geociencias . 2018, Vol. 41 Issue 3, p568-579. 12p, 2018.

MANZIONE, L. **Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM.** USP. São Paulo, p. 343. 2013.

MUNDO AEC. **Como alavancar seus projetos usando nuvens de pontos geradas por drones e softwares BIM.** 2018. Disponível em: <https://blogs.autodesk.com/mundoaec/como-alavancar-seus-projetos-usando-nuvens-de-pontos-geradas-por-drones-e-softwares-bim/>. Acesso em: 29 mar. 2023.

PAVI, Suelen; BORDIN, Fabiane; VERONEZ, roberto. **O Uso do Laser Scanner Terrestre na Inspeção de Pontes e Viadutos de Concreto:** uma Revisão Bibliográfica, 2014. Artigo para o VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Rio Grande do Sul, 2014.

RABELO, Gustavo Henrique de Souza; SILVA, Lucas Gabriel Gontijo; SILVA, Enoque Pereira. **Execução de levantamento volumétrico com laser scanner.** Anais do 2º Simpósio de TCC, das faculdades FINOM e TecSoma. 2020; 182- 195

RESENDE, João Vitor Siqueira; **Implementação Do Processo Bim Aplicado Ao Acompanhamento De Obras.** Monografia de projeto final 2 – Universidade de Brasília – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – 2020

ANEXO A – Relatório do posicionamento por Ponto Preciso PPP



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

Sumário do Processamento do marco: M001

Ínicio:	AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2022/10/10 19:17:59,99
Fim:	AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2022/10/10 21:25:50,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO	
Observação processada:	CÓDIGO & FASE	
Modelo da Antena:	EML_REACH_RS2 NONE	
Órbitas dos satélites: ¹	FINAL	
Frequência processada:	L3	
Intervalo do processamento(s):	5,00	
Sigma ² da pseudodistância(m):	5,000	
Sigma da portadora(m):	0,010	
Altura da Antena ³ (m):	0,000	
Ângulo de Elevação(graus):	10,000	
Resíduos da pseudodistância(m):	2,80 GPS 3,61 GLONASS	
Resíduos da fase da portadora(cm):	0,93 GPS 1,17 GLONASS	

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (É a que deve ser usada) ⁴	-1° 24' 05,5137"	-48° 25' 37,5882"	-5,11	9844931.026	786310.177	-51
Na data do levantamento ⁵	-1° 24' 05,5047"	-48° 25' 37,5914"	-5,11	9844931.303	786310.078	-51
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,007	0,046	0,029			

Coordenada Altimétrica

Modelo:	hgeoINOR_IMBITUBA	
Fator para Conversão (m):	-25,86	Incerteza (m): 0,09
Altitude Normal (m):	20,75	

Precisão esperada para um levantamento estático (metros)

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
Após 1 hora	0,700	0,600	0,040	0,040
Após 2 horas	0,330	0,330	0,017	0,018
Após 4 horas	0,170	0,220	0,009	0,010
Após 6 horas	0,120	0,180	0,005	0,008

¹ Órbitas obtidas do International GNSS Service (IGS) ou do Natural Resources of Canada (NRCan).

² O termo “Sigma” é referente ao desvio-padrão.

³ Distância Vertical do Marco ao Plano de Referência da Antena (PRA).

⁴ A coordenada oficial na data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita na data do levantamento, utilizando o modelo VEMOS em 2000.4.

⁵ A data de levantamento considerada é a data de início da sessão.

⁶ Este desvio-padrão representa a confiabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados neste relatório dependem da qualidade dos dados enviados e do correto preenchimento das informações por parte do usuário.

Em caso de dúvidas, críticas ou sugestões contate: <https://www.ibge.gov.br/atendimento.html> ou pelo telefone 0800-7218181.

Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CSRS-PPP desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCan)

Processamento autorizado para uso do IBGE.

Fonte: Techmap Engenharia (2022)



Sumário do Processamento do marco: BASEGARRINCHA

Ínicio:	AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2022/10/10 19:21:05,00
Fim:	AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2022/10/10 21:22:25,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO	
Observação processada:	CÓDIGO & FASE	
Modelo da Antena:	EML_REACH_RS2 NONE	
Órbitas dos satélites: ¹	FINAL	
Frequência processada:	L3	
Intervalo do processamento(s):	5,00	
Sigma ² da pseudodistância(m):	5,000	
Sigma da portadora(m):	0,010	
Altura da Antena ³ (m):	1,620	
Ângulo de Elevação(graus):	10,000	
Resíduos da pseudodistância(m):	3,55 GPS 5,86 GLONASS	
Resíduos da fase da portadora(cm):	1,07 GPS 1,19 GLONASS	

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (É a que deve ser usada) ⁴	-1° 24' 05,6256"	-48° 25' 37,1898"	-6,32	9844927.573	786322.496	-51
Na data do levantamento ⁵	-1° 24' 05,6166"	-48° 25' 37,1930"	-6,32	9844927.850	786322.398	-51
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,026	0,069	0,105			

Coordenada Altimétrica

Modelo:	hgeoHNOR_IMBITUBA	
Fator para Conversão (m):	-25,86	Incerteza (m): 0,09
Altitude Normal (m):	19,54	

Precisão esperada para um levantamento estático (metros)

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
Após 1 hora	0,700	0,600	0,040	0,040
Após 2 horas	0,330	0,330	0,017	0,018
Após 4 horas	0,170	0,220	0,009	0,010
Após 6 horas	0,120	0,180	0,005	0,008

¹ Órbitas obtidas do International GNSS Service (IGS) ou do Natural Resources of Canada (NRCan).

² O termo “Sigma” é referente ao desvio-padrão.

³ Distância Vertical do Marco ao Plano de Referência da Antena (PRA).

⁴ A coordenada oficial na data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita na data do levantamento, utilizando o modelo VEMOS em 2000.4.

⁵ A data de levantamento considerada é a data de início da sessão.

⁶ Este desvio-padrão representa a confiabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados neste relatório dependem da qualidade dos dados enviados e do correto preenchimento das informações por parte do usuário. Em caso de dúvidas, críticas ou sugestões contate: <https://www.ibge.gov.br/atendimento.html> ou pelo telefone 0800-7218181. Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CSRS-PPP desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCan)

Processamento autorizado para uso do IBGE.

Fonte: Techmap Engenharia (2022)

ANEXO B – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO LASER VZ 400i

PERFORMANCE DE ALCANCE:

VZ-400i:					
Taxa de Emissão de Pulso	100 Khz	300 Khz	600 Khz	1200 Khz	
Taxa de Medição	42.000 pts/s	125.000 pts/s	250.000 pts/s	500.000 pts/s	
Alcance Máximo:					
Alvos Refletividade > 90%	800m	480m	350m	250m	
Alvos Refletividade > 20%	400m	230m	160m	120m	
Distância mínima:	1.5 m	1.2 m	0.5 m	0.5 m	
Número de Alvos por Pulso	15	15	8	4	
VZ-1000:					
Taxa de Emissão de Pulso	70 Khz	100 Khz	150 Khz	300 Khz	
Taxa de Medição	29.000 pts/s	42.000 pts/s	62.000 pts/s	122.000 pts/s	
Alcance Máximo:					
Alvos Refletividade > 90%	1.400m	1.200m	950m	450m	
Alvos Refletividade > 20%	700m	600m	500m	350m	
VZ-2000i:					
Taxa de Emissão de Pulso	50 Khz	100 Khz	300 Khz	600 Khz	1.2 MHz
Taxa de Medição	21.000 pts/s	42.000 pts/s	125.000 pts/s	250.000 pts/s	500.000 pts/s
Alcance Máximo:					
Alvos Refletividade > 90%	2500m	1850 m	1100 m	800 m	600 m
Alvos Refletividade > 20%	1300m	950m	540m	380m	290m
Distância mínima:	2.0m	1.5m	1.5m	1.0m	1.0m
Número de Alvos por Pulso	15	15	15	8	4
VZ-4000:					
Taxa de Emissão de Pulso	30 kHz	50 kHz	150 kHz	300 kHz	
Taxa de Medição	23.000 pts/s	37.000 pts/s	113.000 pts/s	222.000 pts/s	
Alcance Máximo:					
Alvos Refletividade > 90%	4000 m	4000 m	2700 m	2000 m	
Alvos Refletividade > 20%	2300 m	2300 m	1450 m	1000 m	

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS:



Especificação	VZ-400i:	VZ-1000:	VZ-2000i:	VZ-4000:
Distância Mínima	0.5 m	2.5 m	1.0 m	5 m
Campo de Visão	360 x 100	360 x 100	360 x 100	360 x 60
Compensador Vertical	10 Graus	10 Graus	10 Graus	10 Graus
Câmera Digital	Destacável	Destacável	Destacável	Integrada e Destacável
Índice de Proteção	IP64	IP64	IP64	IP64
Consumo de Energia	Tip. 54w (max. 75w)	Tip. 75w (max. 90w)	Tip. 56w (max. 80w)	Tip. 75w (max. 90w)
Peso	9,7 kg	9,8 kg	9,8 kg	14,5 kg
Dimensões	206 x 308 mm	200 x 203 x 308 mm	206 x 308 mm	248 x 226 x 405 mm
Acurácia	5 mm	8 mm	5 mm	15 mm
Precisão	3 mm	5 mm	3 mm	10 mm

Os equipamentos podem ser operados em campo diretamente pelo painel ou por qualquer dispositivo wireless, como um tablet ou smartphone. Portanto, não necessitam de um notebook para operações de campo. A bússola digital integrada e a interface direta com receptores GNSS permitem o registro automático de todas as varreduras realizadas. O software de processamento de dados RISCAN PRO, desenvolvido pela própria RIEGL, possui diversas capacidades, dentre elas:

- Registro automático das varreduras;
- Ajustamento das varreduras a partir de superfícies e planos comuns a dois ou mais escaneamentos;
- Filtragem automática da nuvem para eliminação de pontos indesejáveis como: máquinas, pessoas, poeira, vegetação e etc.

- Geração de Curvas de Nível;
- Geração de Seções Transversais;
- Cálculo de Volumes;
- Geração Automática das Linhas de Pés e Crista dos Taludes;

- Geração de Ortofotos;
- Exportação de dados em vários formatos,

JOYCE RAYANNE SOUZA DA SILVA

Modelagem *as-is* BIM de um empreendimento comercial, através de nuvem de pontos obtida por um levantamento via *laser scanner*.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Aprovado em 08 de maio de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Profª. Drª. Shirley Minnell Ferreira de Oliveira (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. M.Sc. Renato Mahon (Avaliador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. José Moura Soares (Avaliador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. M.Sc. Antonio José Prado Martins Santos (Avaliador)
Instituto Federal Baiano