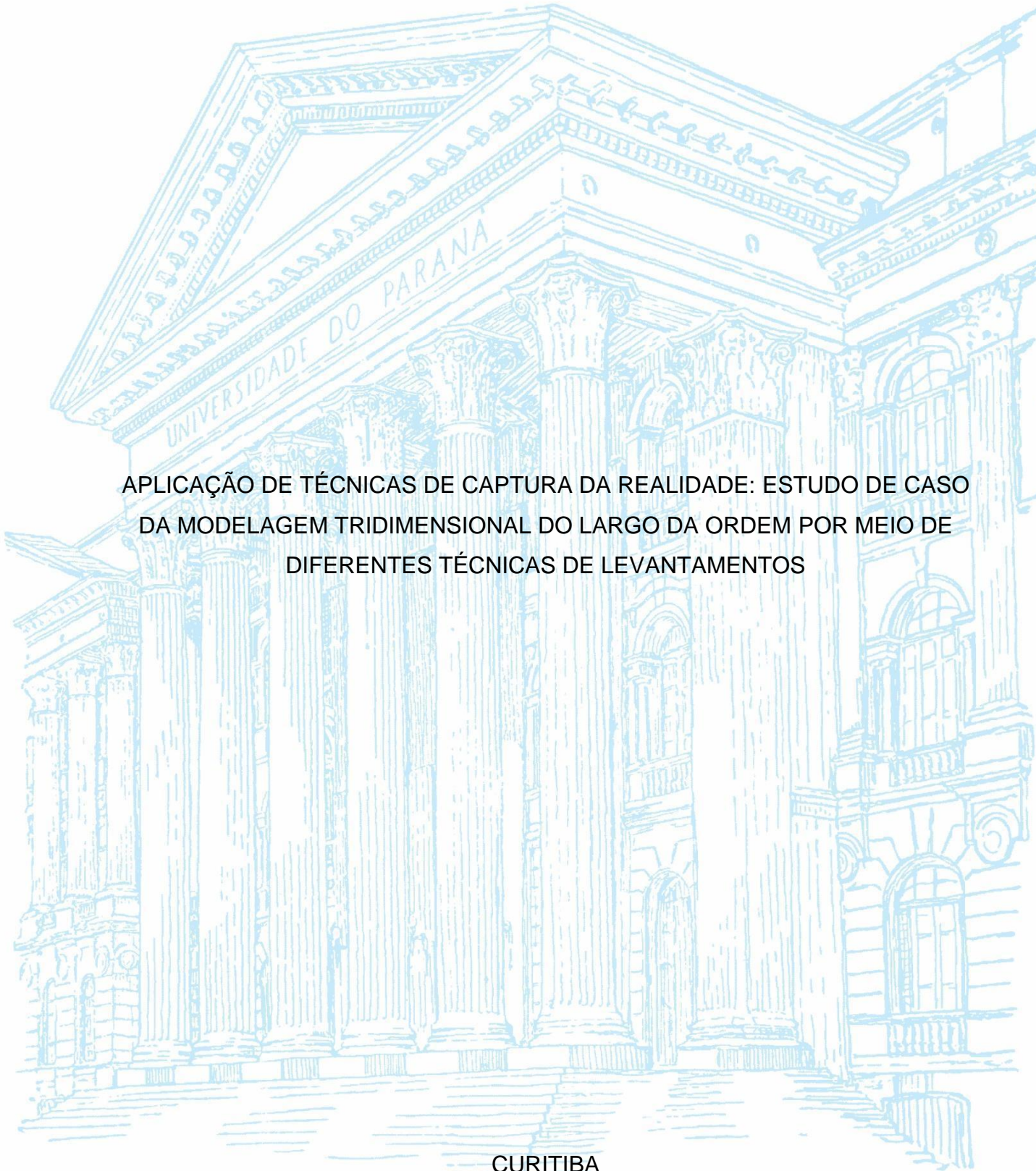


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GIUVANNA LAURINI DE CONTO



APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE CAPTURA DA REALIDADE: ESTUDO DE CASO  
DA MODELAGEM TRIDIMENSIONAL DO LARGO DA ORDEM POR MEIO DE  
DIFERENTES TÉCNICAS DE LEVANTAMENTOS

CURITIBA

2021

GIUVANNA LAURINI DE CONTO

APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE CAPTURA DA REALIDADE: ESTUDO DE CASO  
DA MODELAGEM TRIDIMENSIONAL DO LARGO DA ORDEM POR MEIO DE  
DIFERENTES TÉCNICAS DE LEVANTAMENTOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, do Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, como requisito para obtenção do título de grau em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

Orientadores:

Prof. Dr. Luis Augusto Veiga e  
M.Sc. Eng. Lucas Jamiro Barbosa.

CURITIBA

2021

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.”

Theodore Roosevelt

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus orientadores Prof. Dr. Luis Augusto Veiga e M.Sc. Eng. Lucas Jamiro Barbosa que foram pacientes e me orientaram de forma exemplar ao longo do processo de execução deste trabalho, assim como orientações ao longo da minha vida acadêmica.

A minha família pelo apoio ao longo de toda a universidade.

Aos amigos adquiridos neste processo que foram de extrema importância para a conclusão deste curso, e que me incentivaram ao longo do mesmo.

Ao Padre Antônio Luciano que liberou o espaço da Igreja da Ordem de São Francisco de Chagas para o levantamento deste trabalho.

A empresa ENGEFOTO S.A. que me acolheu ao longo do curso e me disponibilizou seus materiais para a execução do trabalho.

Ao Laboratório de Geodésia Aplicada à Engenharia (GEENG) pela disponibilização de materiais para o levantamento e processamento de dados.

A *Leica Geosystems* pelo apoio com a licença empregada no processamento.

E a todos os que direta e indiretamente fizeram parte da minha formação e elaboração deste projeto, meu muito obrigada.

## RESUMO

Os patrimônios históricos são alvos de discussões referentes a manutenção e preservação de sua estrutura, com o objetivo de aprimorar técnicas que permitam sua melhor representação, de modo a auxiliar nos processos de restauro. A captura da realidade é um meio de apresentação dos elementos de forma a se ter a precisão requerida para vincular elementos digitais com a realidade, representando de forma coerente os elementos levantados.

A captura da realidade é tema atual que envolve a modelagem seja de pequenos objetos ou até mesmo de cidades inteiras, tendo como objetivo a criação de uma base de dados que possa representar a realidade geométrica e visual destes elementos, seja para fins de documentação, criação de aplicações de visualização e navegação, ambientes virtuais, propaganda entre outros. Todas estas aplicações iniciam-se com o levantamento do objeto ou espaço. Neste sentido, no âmbito da Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, diversas metodologias estão disponíveis para o levantamento tridimensional e imageamento.

Dentre as diversas aplicações, destaca-se a questão do registro do patrimônio histórico e cultural voltado tanto para a documentação como para a divulgação. Na documentação, a representação tridimensional pode ser utilizada para restaurações, como registro para caso haja a necessidade de reconstituição de partes ou do todo de um elemento; já na divulgação é aplicada na criação de ambientes virtuais para a socialização da informação histórica, através do turismo cultural, tendo a vantagem que em ambientes virtuais podem ser representados tanto os bens materiais (edificações ou objetos) como imateriais, como a associação de arquivos de áudio e vídeos.

Dentro deste contexto, este trabalho tem como objetivo o levantamento tridimensional e modelagem de informações utilizando técnicas de varredura laser (empregando-se um *Laser Scanner Terrestre* - LST) e técnicas fotogramétricas por meio do uso de imagens obtidas com Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), bem como a geração de um ambiente reconstruído tridimensionalmente, de forma a apresentar a modelagem e disponibilizar dados a fim da representação e possíveis manutenções que possam ocorrer na região de interesse.

A região escolhida é a zona histórica de Curitiba-PR, localizada no bairro São Francisco, mais especificamente, no Largo Coronel Enéas, popularmente chamado

de Largo da Ordem. A área de estudo compreendeu as fachadas externas dos edifícios existentes no Largo e algumas das demais edificações presentes na Rua São Francisco e na Rua Matheus Leme. Além das áreas externas buscou-se o levantamento e modelagem do ambiente interno de uma das edificações, sendo escolhida a Igreja da Ordem de São Francisco de Chagas. Os produtos gerados foram a nuvem de pontos lidar tridimensional, a modelagem fotorrealística da área e o tour virtual pelo ambiente levantado tanto interno da Igreja da Ordem e do Museu da Arte Sacra, quanto externo das edificações.

**Palavras-chave:** Modelagem tridimensional, Largo da Ordem, Igreja da Ordem.

## FIGURAS

FIGURA 1 - ÁREA DE INTERESSE.....	13
FIGURA 2 - ZONA HISTÓRICA (ZN) .....	17
FIGURA 3 - ZONA HISTÓRICA DE CURITIBA ANTES DA IMPLANTAÇÃO DA TRAVESSA NESTOR DE CASTRO .....	18
FIGURA 4 - MAPA LARGO DA MATRIZ.....	19
FIGURA 5 - BEBEDOURO ORIGINAL LARGO DA ORDEM (a) E ATUAL (b) .....	20
FIGURA 6 - IGREJA DA ORDEM DE SÃO FRANCISCO DE CHAGAS .....	21
FIGURA 7 - MUSEU DA ARTE SACRA .....	22
FIGURA 8 – CASA HOFFMANN.....	23
FIGURA 9 - CASA JOÃO TURIN .....	24
FIGURA 10 - CASA ROMÁRIO MARTINS.....	24
FIGURA 11 - CASA VERMELHA, ANTES E DEPOIS .....	26
FIGURA 12 - PROCESSO ESTABELECIDOS.....	28
FIGURA 13 - REGISTRO LST .....	29
FIGURA 14 - REGISTROS, CONSIDERANDO A PRIMEIRA NUVEM GERADA.....	31
FIGURA 15 - PARTE INTERNA IGREJA DA ORDEM.....	32
FIGURA 16 - DISTRIBUIÇÃO DOS REGISTROS LASER, GERAL (a) E IGREJA (b) .....	34
FIGURA 17 - NUVEM DE PONTOS COM TODAS AS TOMADAS REALIZADAS ...	35
FIGURA 18 - NUVEM DE PONTOS SEM EDIÇÃO DE FEIÇÕES.....	35
FIGURA 19 - PERFIL NUVEM DE PONTOS .....	36
FIGURA 20 – ORTOFOTO DA FACHADA.....	36
FIGURA 21 - COLETA DE PONTOS DE APOIO .....	38
FIGURA 22 - DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE APOIO .....	39
FIGURA 23 – ORTOFOTO DA FACHADA DA IGREJA DE SÃO FRANCISCO DE CHAGAS.....	40
FIGURA 24 - IMAGEM ESFÉRICA GERADA PELO LST .....	41
FIGURA 25 - DISTORÇÕES EM IMAGEM 360° .....	42
FIGURA 26 - VISTA PLATAFORMA LAPENTOR.....	43
FIGURA 27 - REGISTRO SOBRE O BEBEDOURO .....	44
FIGURA 28 - ÍCONES ESFERA (a) E IMAGEM (b) .....	44
FIGURA 29 – QRCODE NAVEGAÇÃO INDOOR .....	45
FIGURA 30 - DIFERENÇA TEMPORAL NO LARGO .....	46

FIGURA 31 - PLANO DE VOO.....	48
FIGURA 32 - EXECUÇÃO VOO VANT .....	48
FIGURA 33 - ALINHAMENTO DAS IMAGENS VOO (a) E NUVEM DE PONTOS RESULTANTE (b).....	49
FIGURA 34 - PONTOS DE APOIO .....	50
FIGURA 35 - PONTOS DE APOIO (LEITURA).....	50
FIGURA 36 - NUVEM Densa GERADA PELAS IMAGENS VANT.....	52
FIGURA 37 - MODELO TRIDIMENSIONAL VOO FOTO, PRIMEIRA VISTA .....	54
FIGURA 38 - MODELO TRIDIMENSIONAL VOO FOTO, SEGUNDA VISTA .....	55
FIGURA 39 - MODELO TRIDIMENSIONAL VOO FOTO, TERCEIRA VISTA.....	55
FIGURA 40 - QR CODE COM LINK INDISPONIVEL.....	56
FIGURA 41 - COMPARATIVO CASA VERMELHA, MODELO FOTO (a) e MODELO LASER (b).....	57
FIGURA 42 - IGREJA DE ORDEM, MODELO FOTO (a) e MODELO LASER (b) ....	58
FIGURA 43 - EDIFICAÇÃO LARGO (1), MODELO FOTO (a) e MODELO LASER (b) .....	59
FIGURA 44 - EDIFICAÇÃO LARGO (1), MODELO FOTO (a) e MODELO LASER (b) .....	60
FIGURA 45 - FACHADA IGREJA DA ORDEM DE SÃO FRANCISCO DE CHAGAS, VISTA LARGO .....	64
FIGURA 46 - IGREJA DA ORDEM DE SÃO FRANCISCO DE CHAGAS, VISTA MATEUS LEME .....	64
FIGURA 47 - CENTRO DA IGREJA DA ORDEM DE SÃO FRANCISCO DE CHAGAS.....	65
FIGURA 48 - CASA ROMÁRIO MARTINS (1) E CASA DO POETA, VISTA LARGO .....	65
FIGURA 49 - CASA ROMÁRIO MARTINS (2), VISTA RUA SÃO FRANCISCO .....	66
FIGURA 50 - FACHADA RUA SÃO FRANCISCO, VISTA SÃO FRANCISCO.....	67
FIGURA 51 - PRÉDIO DYNÂMICO (1), VISTA LARGO .....	67
FIGURA 52 - PRÉDIO DYNÂMICO (2), VISTA RUA JOSÉ BONIFÁCIO .....	68
FIGURA 53 - CASA JOÃO TURIN, VISTA MATEUS LEME .....	68
FIGURA 54 - LICEU DE OFÍCIOS CRIATIVOS, VISTA MATEUS LEME .....	69
FIGURA 55 - CASA ESQUINA, VISTA MATEUS LEME .....	69
FIGURA 56 - CASA ESQUINA, VISTA SÃO FRANCISCO.....	69

FIGURA 57 - SOBRADO STOLZ, VISTA SÃO FRANCISCO .....	70
FIGURA 58 - VISTA EM PERFIL DA ESCADA COM LIGAÇÃO AO TÚNEL.....	70
FIGURA 59 - FACHADAS LARGO, VISTA RUA JOSÉ BONIFÁCIO.....	71
FIGURA 60 - VISTA SUPERIOR ESCADA.....	71
FIGURA 61 - CASA VERMELHA, VISTA LARGO .....	72
FIGURA 62 - FACHADA CASA AMARELA, VISTA LARGO .....	72
FIGURA 63 - FACHADA CASA AMARELA, VISTA DR. CLAUDINO DOS SANTOS	73
FIGURA 64 - CASA HOFFMANN, VISTA DR. CLAUDINO DOS SANTOS .....	73
FIGURA 65 - FACHADAS LARGO, VISTA DR. CLAUDINO DOS SANTOS .....	74
FIGURA 66 - QUINTAL DO MONGE, VISTA LARGO .....	74

## TABELAS

TABELA 1 - ERROS PONTOS CONTROLE.....	53
TABELA 2 – ERROS PONTOS VERIFICAÇÃO.....	53

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

LST - Laser Scanner Terrestre

BIM – Modelagem da Informação da Construção

HBIM - Historical Building Information Modeling

VANT - Veículo Aéreo Não Tripulado

SFM - Structure from Motion

ICOMOS - Conselho Internacional de Monumentos e Sítios

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	12
1.2	OBJETIVOS .....	14
<b>2</b>	<b>CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA.....</b>	<b>15</b>
2.1	CARTA DE VENEZA .....	15
2.2	LEGISLAÇÃO.....	16
2.3	ÁREA DE ESTUDO .....	17
2.3.1	Bebedouro .....	20
2.3.2	Igreja da Ordem.....	21
2.3.3	Museu da Arte Sacra da Arquidiocese de Curitiba (MASAC) .....	22
2.3.4	Rua Doutor Claudino dos Santos .....	22
2.3.5	Casa Hoffmann.....	22
2.3.7	Casa Romário Martins .....	24
2.3.8	Bar do Alemão.....	25
2.3.9	Casa Vermelha.....	26
<b>3</b>	<b>MATERIAIS.....</b>	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>PROCESSOS EMPREGADOS .....</b>	<b>28</b>
4.1	VARREDURA A LASER .....	29
4.1.1	METODOLOGIA VARREDURA LASER.....	29
4.1.2	LEVANTAMENTO POR VARREDURA A LASER .....	32
4.1.3	RESULTADOS FACHADAS LASER .....	39
4.2	TOUR VIRTUAL .....	41
4.2.1	METODOLOGIA TOUR VIRTUAL.....	41
4.2.2	NAVEGAÇÃO INDOOR E OUTDOOR .....	42
4.2.3	MÉTODO TOUR VIRTUAL.....	42
4.2.4	TOUR VIRTUAL .....	45
4.3	MODELO FOTOGRAMÉTRICO .....	47
4.3.1	LEVANTAMENTO FOTOGRAMÉTRICO .....	47
4.3.2	LEVANTAMENTO VANT .....	48
4.3.3	MODELO GERADO COM AS IMAGENS .....	53
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>61</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>63</b>

<b>APÊNDICE I – FACHADAS .....</b>	<b>64</b>
------------------------------------	-----------

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O mundo tem suas histórias baseadas em ações que aconteceram e foram documentadas ao longo de seu período. Mudanças que foram e são fundamentadas em forma oral, visual ou material, mostrando a construção da história ao longo do tempo. Sendo assim, as mudanças são responsáveis por histórias que se perpetuam e que se estendem ao longo dos tempos.

As construções são exemplos materiais de formatos, histórias e objetos ornamentais que fazem com que os locais pertençam aos ambientes em que estão inseridos, e que foram construídos com o tempo. Constituem o patrimônio histórico de uma região ou país e devem ser preservados, como forma de preservar a herança cultural de um povo. A preservação desses locais faz com que a história da região se faça presente ao longo dos anos, e pode ser realizada unindo-se técnicas de preservação, leis de preservação do patrimônio imaterial e/ou material e conscientização da população, sendo que esta última envolve a divulgação deste patrimônio e sua importância para a sociedade.

Acidentes como o ocorrido no Museu Nacional do Rio de Janeiro (2018), nos templos cristãos na China (2018) e na Catedral de Notre Dame em Paris (2019) fazem com que a necessidade de técnicas de preservação preventivas e corretivas de elementos históricos deva ir além de "leis documentadas", alcançando de forma efetiva locais em que a preservação deve ocorrer de forma física, por meio de técnicas digitais de mapeamento e reconstrução. Neste contexto entra o tema da captura da realidade. A captura da realidade envolve a modelagem seja de objetos ou até mesmo de cidades inteiras, tendo como objetivo a criação de uma base de dados que possa representar a realidade geométrica e visual destes elementos, seja para fins de documentação, criação de aplicações de visualização e navegação, ambientes virtuais, propaganda entre outros.

Com o aprimoramento de técnicas de levantamentos tridimensionais, mapeamento e de equipamentos para a realização de aplicações de coleta e visualização de dados espaciais tridimensionais, a Engenharia Cartográfica e de Agrimensura tem assumido papel de destaque neste processo de captura da realidade. Atualmente têm-se disponíveis equipamentos que coletam dados de forma rápida que permitem a geração de grandes volumes de dados, que podem ser

extraídos, por exemplo, de imagens ou nuvens de pontos, o que possibilita desta forma uma representação mais detalhada, disponibilizando uma melhor representação e em menor tempo de execução quando comparado a outras técnicas tradicionais, como o levantamento topográfico.

A utilização de técnicas de levantamentos 3D baseado no uso de varredura laser e fotogrametria se apresenta como uma excelente opção na coleta de dados para mapeamento de fachadas, esculturas e outros objetos históricos. Isto porque estas técnicas permitem coletar a realidade dos ambientes sem uma intervenção direta ao mesmo, ou seja, resultando em uma coleta sem contato com as estruturas a serem levantadas. As técnicas vêm sendo de grande auxílio para a preservação de monumentos, restaurações e na criação de material visual para a divulgação do elemento representado.

Neste trabalho buscou-se realizar o processo de levantamento e modelagem das fachadas de uma área de preservação histórica da Cidade de Curitiba, na região do Largo Coronel Enéas, mais conhecido como Largo da Ordem (FIGURA 1), assim como a representação interna da Igreja da Ordem de Francisco de Chagas, por meio da aplicação de técnica de varredura laser para os ambientes externos e internos e fotogrametria apoiada por veículos aéreos não tripulados para as áreas externas, associado a isto tem-se por objetivo a disponibilização de caminhamento em ambiente omnidirecional de toda a área levantada.

FIGURA 1 - ÁREA DE INTERESSE



FONTE: Autora (2021).

Com este propósito buscou-se determinar a melhor abordagem para realizar o mapeamento indoor e outdoor do Largo da Ordem e da Igreja da Ordem. O procedimento pode ser aplicado em outras edificações tombadas pelo patrimônio cultural, sendo uma ferramenta para o cadastramento e manutenção delas.

Este trabalho está estruturado de modo apresentar uma breve introdução seguida dos objetivos, no capítulo 1. Já no capítulo 2 será abordada uma contextualização histórica de processos de preservação histórica bem como a apresentação da área de interesse. No capítulo 3 tem-se os materiais utilizados. No quarto capítulo apresenta-se a metodologia utilizada no levantamento das informações. Enquanto no capítulo 5 são apresentados os métodos de levantamento. No capítulo 6 traz-se os resultados obtidos pela metodologia empregada. Por fim, no capítulo 7 são apresentadas as considerações finais.

## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é realizar o levantamento tridimensional de edifícios históricos do Largo da Ordem em Curitiba, por meio do emprego da técnica fotogramétrica de correlação de imagens e levantamento por varredura a laser, bem como gerar diferentes formas de visualização dos dados levantados.

Desta forma, pode-se definir como sendo os objetivos específicos deste trabalho:

- Propor e realizar o mapeamento indoor e outdoor dos elementos do Largo da Ordem e Igreja da Ordem;
- Realizar a reconstrução das fachadas de modo a verificar variações históricas;
- Disponibilizar o mapeamento omnidirecional em um ambiente “*Walk through*”;
- Disponibilizar modelagem *BIM* por meio da nuvem de pontos laser e correlação; e
- Disponibilizar modelagem foto-realística do largo da ordem.

## 2 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

### 2.1 CARTA DE VENEZA

A existência de uma padronização para a conservação de patrimônios históricos vem sendo discutida há muitos anos, sendo necessário um padrão para muitos âmbitos, como os materiais utilizados, a forma de reparos nas estruturas, dentre outros elementos. O assunto é de interesse mundial, e alguns países se envolveram em seu processo e estabeleceram medidas de preservação para sua aplicação. Os templos de Abu Simbel, no Egito, foram um dos locais onde viu-se a necessidade de implantação de processos de manutenção e preservação, o qual fomenta a necessidade de tal padronização.

Em 1964, durante o II Congresso Internacional de Arquitetos e Técnicos dos Monumentos Históricos do Conselho Internacional de Monumentos e Sítios (ICOMOS), foi elaborada a Carta de Atenas, que segundo documentado pelo IPHAN (2021), apresenta recomendações que visavam a preservação de monumentos históricos, tanto na questão estética quanto nos materiais a serem utilizados em seu processo de restauração, apresentando uma maior valorização aos ambientes restaurados e a sua história.

A conferência visava apresentar técnicas de preservação; reparo, de acordo com as técnicas de construção aplicadas à edificação original; recomendações que visam minimizar os reparos a partir de uma manutenção constante do local; dentre outros processos que foram abordados para os demais países que deveriam segui-las. Apresentando não só questões materiais e físicas, mas incorporar nos povos que locais edificados apresentam cultura e fazem parte da história do local sendo de utilidade para a população em geral documentar e manter elementos educacionais que envolvem a história dos locais quanto a questões físicas e sociais.

Sendo assim foi instituído um documento denominado por Carta de Veneza, que defenderia a manutenção constante de ambientes patrimoniais históricos, aprovado em Veneza em maio de 1964 no II Congresso Internacional de Arquitetos e de Técnicos de Monumentos Históricos (MANNICH, 2013).

Documentos como a Carta de Atenas e a Carta de Veneza foram duas de muitas cartas criadas por organizações internacionais voltadas para a cultura e preservação de ambientes históricos ao longo dos anos, que visavam as melhores formas para a conservação desses ambientes. Vale ressaltar que estes documentos

são resultados de acordos entre os envolvidos no processo de elaboração das cartas e procedimentos, como a França e Egito, entre outros que fizeram parte dele. A elaboração da carta foi realizada a partir de debates entre profissionais que atuavam na área e que apresentavam propriedade para levantar temas pertinentes ao processo de elaboração, o qual apresentavam elementos metodológicos de quais materiais e elementos utilizarem para as restaurações, assim como documentações necessárias em casos como de tombamento histórico. Sendo estabelecidos os parâmetros para o surgimento e aprimoramento de leis e normas para os assuntos questionados com a finalidade de manter “a conservação e restauração dos monumentos visando a salvaguardar tanto a obra de arte quanto o testemunho histórico” (Artigo 3º, Carta de Veneza, 1964).

## **2.2 LEGISLAÇÃO**

As cidades com mais de 20 mil habitantes devem apresentar plano diretor de modo a ordenar os meios de expansão, uso e ocupação do solo, apresentando meios de gestão organizada com seu crescimento populacional. O plano diretor de uma cidade se baseia na apresentação de um planejamento urbano com propostas para o uso e ocupação do solo do município, estabelecido por meio da Constituição de 1988 e reforçado pelo estatuto da cidade (Lei nº 10.257 de 2001), originando as principais diretrizes de ordem pública, visando a propriedade urbana, segurança, bem estar da sociedade e questões ambientais.

A partir do estabelecimento do plano diretor da cidade, se faz necessário um detalhamento de questões voltadas para a determinação de zonas definidas para diferentes tipos de atividades. A divisão estabelecida visa a utilização de recursos de forma eficiente, a fim de realizar a preservação dos mesmos e apresentação de crescimento para a cidade de forma orientada.

Segundo a Lei nº 15.511 de 2019, referente ao zoneamento e uso de solo do município de Curitiba, tem-se estabelecido que a zona histórica da cidade é delimitada conforme a

FIGURA 2, que apresenta graficamente a localização da zona histórica subdividida em duas partes. Esta divisão se baseia na zona 1, estabelecida inicialmente, e na zona 2, a qual foi ajustada posteriormente (2000). A área está localizada em sua completude no bairro São Francisco, em Curitiba.



No início do século XX passou a ser chamado de Largo da Ordem por conta da Igreja da Ordem Terceira de São Francisco, que foi construída no século anterior e em decorrência de um desmoronamento ocorrido em 1834, a qual foi submetida a reconstrução que foi totalmente concluída em 1880, levantando a questão sobre a preservação das edificações presentes na cidade. Com isso ocorreram expressões por meio da mídia, a qual apresentava manchetes como “restaure-se a Ordem”, passando o Largo Coronel Enéas para Largo da Ordem, uma das principais referências no centro histórico da cidade.

O Largo Coronel Enéas foi palco dos pregões de colonos, que vendiam seus produtos trazidos da periferia para o centro, sendo assim o antigo bebedouro para animais usado naquela época ainda pode ser visto ali.

Em 1970, integrantes do sistema de plano diretor da cidade estipularam a demolição das edificações presentes no que atualmente é considerada a Travessa Nestor de Castro, na FIGURA 3 temos como era a parte da Cidade, antes da implantação da Travessa Nestor de Castro, onde é possível ver a Catedral Basílica Menor de Nossa Senhora da Luz dos Pinhais como referência.

FIGURA 3 - ZONA HISTÓRICA DE CURITIBA ANTES DA IMPLANTAÇÃO DA TRAVESSA NESTOR DE CASTRO



FONTE: PINTEREST <<https://bit.ly/3xK6A33>>

A execução da obra extinguiu elementos históricos do setor, o que acarretou a perda de suas características originais, o que posteriormente foi relatado como um

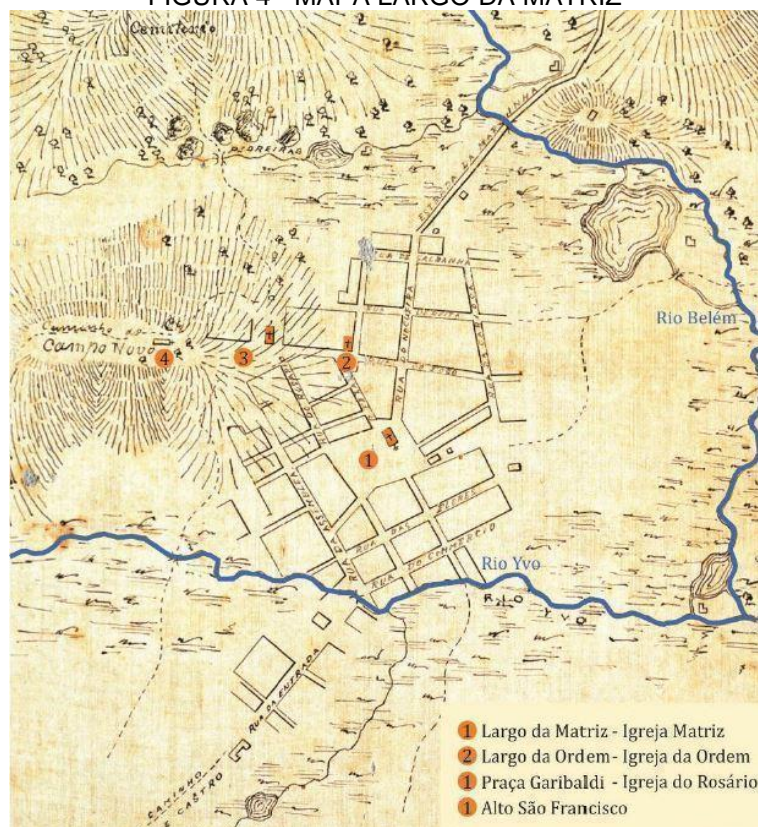
equivocado dos que propuseram e aceitaram uma mudança tão drástica num ambiente que deveria ser preservado e mantido.

[...] a própria Prefeitura provocou a perda de alguns imóveis importantes no Centro Histórico quando se abriu a ligação da rua Augusto Stelfeld, atrás da Catedral. Nas ruas do Rosário e José Bonifácio, houve uma grande perda; foram demolidas algumas casas muito bonitas. Um túnel, que custaria muito mais caro, poderia ter evitado a demolição (WILLER, 1991, 139).

A travessa corta a porção sul, que engloba a Praça Tiradentes e demais elementos pela sua volta, a porção norte que contempla o Largo da Ordem e as praças Garibaldi e João Cândido, as quais pertencem ao setor histórico. No mapa abaixo podemos verificar a disposição das regiões onde a mudança ocorreu a partir da implantação da travessa, juntamente com a

FIGURA 2 do capítulo 2.2

FIGURA 4 - MAPA LARGO DA MATRIZ



FONTE: IPPUC, 2015, adaptado por D'ANGELIS, T.S.R; NASCENTES, M.C.C., 2015

As principais edificações localizadas na área de estudo serão comentadas a seguir, de modo que o restante não será documentado neste trabalho devido a falta de informações referentes a elas.

### 2.3.1 Bebedouro

O Largo da Ordem foi um centro de comércio e trocas de mercadorias, as quais vinham por meio de carroças de suas colônias, sendo trazidas pelos comerciantes. As carroças se aglomeravam no centro e os comerciantes locais disponibilizavam água aos baldes para os demais. Devido a demanda do consumo de água para animais e pessoas, foi necessária uma medida sanitária para a distribuição de água para os frequentadores do local. Sendo assim o bebedouro foi construído em meados do século XIX para atender a demanda de uso exclusivo dos animais que carregavam as carroças e necessitavam de nutrição.

Segundo informações do Turistória (2021), inicialmente o bebedouro estabelecido no centro do largo não tinha o mesmo formato que tem hoje, FIGURA 5.a, seu formato era em forma de cálice para favorecer o alcance dos animais, o que foi mantido, FIGURA 5.b.

FIGURA 5 - BEBEDOURO ORIGINAL LARGO DA ORDEM (a) E ATUAL (b)



FONTE: Comunidade do Facebook “Folha da Santa Felicidade” (2021) < <https://bit.ly/3phMz00> >

O bebedouro como pode ser visto hoje em dia é o bebedouro anterior que foi modificado no ano de 1935 pelo governador Manoel Ribas. Sua estrutura rodeada de pedras que deixa sua bacia de metal aparente na parte superior, normalmente está com água ainda para uso.

### 2.3.2 Igreja da Ordem

Segundo a Secretaria da Comunicação Social e da Cultura de Curitiba (2021), a Igreja da Ordem Terceira de São Francisco de Chagas foi construída em 1737, inicialmente chamada de Igreja da Nossa Senhora do Terço, e é a igreja mais antiga construída na cidade de Curitiba.

A Igreja da Ordem Terceira de São Francisco, comumente chamada de Igreja da Ordem, é uma obra realizada pela colonização portuguesa, sendo seu sino doado em 1880 pelo imperador Dom Pedro II e sua esposa Teresa Cristina, fazendo parte da torre que foi construída anos após a sua doação.

A falta de manutenções preventivas com as construções levou a um desaprumo de paredes, resultando em um desmoronamento no séc. XIX, sendo este evento de grande importância para enfatizar a manutenção de obras históricas na capital (LYRA, p.6, 2006).

Com o desmoronamento que aconteceu na igreja, sua nova construção, a qual substituiria a igreja antiga, foi realizada no estilo , como é possível visualizar na FIGURA 6. A igreja passou inicialmente do estilo arquitetônico colonial para o neogótico, perdendo sua originalidade (TURISTÓRIA, 2021).

FIGURA 6 - IGREJA DA ORDEM DE SÃO FRANCISCO DE CHAGAS



FONTE: TURISTÓRIA, 2021.

O santuário foi tombado como Patrimônio Cultural do Estado do Paraná no ano de 1966. Anexo a igreja está o Museu de Arte Sacra, criado em 1981, com um acervo que sintetiza as quatro igrejas mais antigas da cidade.

### 2.3.3 Museu da Arte Sacra da Arquidiocese de Curitiba (MASAC)

Segundo a Fundação Cultural de Curitiba (2021), o Museu da Arte Sacra foi inaugurado em 12 de maio de 1981, e seu acervo possui mais de 800 peças classificadas como objetos de culto, paramentos litúrgicos, obras raras, mobiliário, fotografias, pinturas, imagens e objetos de uso pessoal, assim como a imagem do Bom Jesus dos Pinhais do fim do século XVII. A FIGURA 7 apresenta algumas imagens do museu.

FIGURA 7 - MUSEU DA ARTE SACRA



FONTE: GOOGLE IMAGENS.

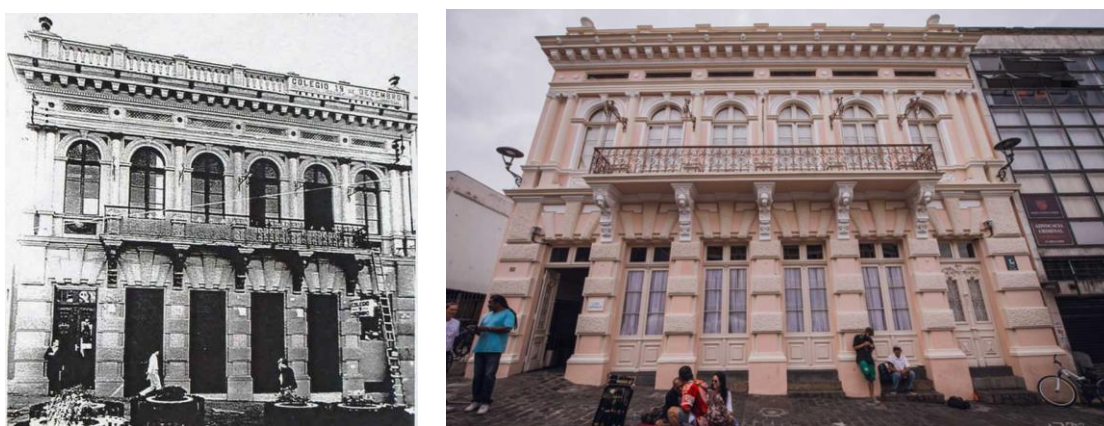
### 2.3.4 Rua Doutor Claudino dos Santos

Ligação entre o Largo da Ordem e a Praça Garibaldi, possui casarões ecléticos de inspiração alemã, datados principalmente do séc. XIX. Destacam-se a Casa Hoffmann, que é sede do centro de estudos do movimento, e o Solar do Rosário, um espaço cultural particular.

### 2.3.5 Casa Hoffmann

Segundo a Fundação Cultural de Curitiba (2021), a Casa Hoffmann, também conhecida como Centro de Estudos do Movimento, foi construída em 1890, sendo considerado um marco arquitetônico da época apresentando a transformação urbana que aconteceu em Curitiba no século XX. O ambiente foi incluído nos imóveis de preservação do município, o que resultou em uma reforma e posteriormente tornando-o sede do Centro de Estudos do Movimento, que apresenta questões culturais artísticas do meio.

FIGURA 8 – CASA HOFFMANN



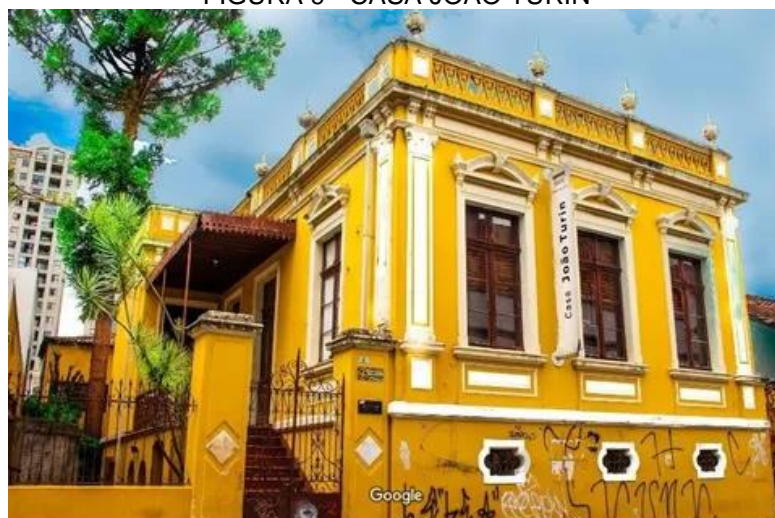
FONTE: Arquivo Arquitetura (2021).

### 2.3.6 Casa João Turin

João Turin nasceu no dia 21 de setembro de 1878, filho de imigrantes, se estabelecendo em uma chácara da região central, a qual propiciou suas habilidades artísticas. Ao voltar para Curitiba, depois de estudos na Europa, teve seus monumentos dedicados a Gomes Carneiro (1927, Lapa), Rui Barbosa (1936, Praça Santos Andrade), André de Barros (1923, jardim da Santa Casa de Curitiba), Tiradentes (Praça Tiradentes) e a República (1938, Praça Tiradentes), além das esculturas “Tigre esmagando a cobra” (Av. Manoel Ribas) e “Luar do Sertão” (Centro Cívico) (TURISTORIA, 2021).

Após a sua morte, em 1949, foi criada em 1953 uma lei que decretou que seu ateliê fosse transformado em museu, o que não foi realizado sendo o local demolido anos após sua morte. Em 1989 a Secretaria de Cultura do Paraná realizou uma transferência de residência e estabeleceu o museu na rua Mateus Leme, nº 38. Abaixo temos a imagem da casa, a qual não teve relação direta com o artista.

FIGURA 9 - CASA JOÃO TURIN



FONTE: GOOGLE MAPS, 2019.

### 2.3.7 Casa Romário Martins

A casa foi fundada em 29 de março de 1963, sendo a edificação mais antiga na capital curitibana (TURISTÓRIA, 2021). Seu nome se deu em homenagem ao historiador paranaense Alfredo Romário Martins que exerceu grande papel na história do estado. O local tem características simples e sem adornos presentes em outras edificações do centro histórico. Em sua estrutura foram utilizadas pedras naturais resultando em paredes mais espessas.

FIGURA 10 - CASA ROMÁRIO MARTINS





FONTE: Foto superior: Autora (2021), foto inferior Grupo *facebook* Anticamente em Curitiba (2017).

A casa foi construída no século XVIII com o intuito inicial de ser residência, e em meados do século XIX torna-se armazém e depois açougue. Parte das edificações mais antigas presentes no local, juntamente com a Igreja da Ordem e o Bebedouro, formam a tríade das relíquias mais antigas do Largo Coronel Enéas (o Largo da Ordem), as únicas de antes de 1800 (TURISTÓRIA, 2021).

### 2.3.8 Bar do Alemão

O *Schwarzwald*, mais conhecido como Bar do Alemão, iniciou suas funções com um pequeno espaço próximo ao bebedouro do Largo da Ordem, em 1979, tendo por objetivo ser um espaço para confraternização entre amigos, que virou um ambiente para a venda de cerveja e comida alemã. A entrada original ainda está presente no Largo, sendo a principal entrada para o Bar do Alemão.

Com o passar dos anos e devido ao sucesso do ambiente, o bar foi expandido para um segundo andar na década de 80. Apresentando ao longo dos anos os pratos da cultura alemã e o famoso submarino, bebida popular do local. Em 2014 a Casa Vermelha foi adquirida pelo *Schwarzwald*, resultando em uma ampliação no ambiente da forma que está presente até hoje.

### 2.3.9 Casa Vermelha

A casa vermelha, construída durante o século XIX em frente ao bebedouro no Largo da Ordem, foi utilizada inicialmente como residência, posteriormente como comércio, hotel, assim como teatro e atualmente um bar.

Em 1993 a edificação passou a ser considerada um patrimônio histórico para a Fundação Cultural de Curitiba, sendo integrada ao memorial de Curitiba, localizado nas proximidades, sendo também palco para eventos culturais presentes na cidade. Em 2014 sua estrutura foi anexada ao Bar do Alemão, depois de ter passado por uma restauração para a copa do mundo de 2014, sendo um dos grandes ambientes em que os jogos eram transmitidos.

Suas instalações passaram por modificações ao longo dos anos, mas nunca perdendo sua essência e sua fachada avermelhada.

FIGURA 11 - CASA VERMELHA, ANTES E DEPOIS



FONTE: Autora (2021).

### 3 MATERIAIS

Para a realização do levantamento voltado para o recobrimento do local de estudo foram utilizados os seguintes materiais:

- *Leica BLK 360*: laser scanner estático com escaneamento de 360 mil pts/seg com uma média de 3 milhões de pontos por tomada, com alcance de 60m e precisão de 6 mm.
- *Drone DJI Mavic 2 Pro*.

Assim como foram necessários softwares para a realização do projeto:

- *BLK360 Data Manager*: Importação dos registros.
- *LAPENTOR* – plataforma online para realização do caminhamento.
- *Software Leica Cyclone Register e Field*: controle dos dados obtidos através do laser, apresentando modelagem prévia do ambiente
- *MicroStation e CloudCompare*: Softwares para a edição e manuseio de dados laser, assim como coleta de elementos vetoriais.
- *Agisoft Metashape*: utilizado para o alinhamento das imagens advindas do VANT, assim como a leitura de pontos de apoio e processo para a realização do modelo tridimensional do ambiente.

#### 4 PROCESSOS EMPREGADOS

Técnicas de captura da realidade vêm sendo utilizadas para a reconstrução de elementos arquitetônicos e demais ambientes que necessitem de uma modelagem de baixa ou de alta precisão. Em locais que apresentam beiras, elementos delicados ou de alta complexidade tendem a necessitar de mais detalhes na representação virtual, o que acarreta a combinação de técnicas de levantamentos tridimensionais.

A união entre dados de varredura laser e imagens permite o levantamento com mais detalhamento do ambiente modelado, disponibilizando uma melhor captura da realidade, a qual utiliza de técnicas para a realização de reconstruções 3D.

Para este projeto foram utilizadas três técnicas a serem empregadas no processo de aquisição de dados. A primeira foi o levantamento de nuvens de pontos empregando-se o LST. O mesmo equipamento empregado para a varredura, o BLK360 da *Leica*, permite a coleta de imagens esféricas, consistindo no segundo método de coleta. O terceiro método foi a tomada de imagens de recobrimento por VANT para posterior geração de outra nuvem de pontos da área.

FIGURA 12 - PROCESSO ESTABELECIDOS



FONTE: Autora (2021).

A seguir serão detalhados a metodologia, métodos e resultados que foram empregados para a realização do objetivo proposto. Neste caso serão apresentados os processos e seus resultados de forma individual para melhor entendimento do processo total executado.

#### **4.1 VARREDURA A LASER**

##### **4.1.1 METODOLOGIA VARREDURA LASER**

O Sistema de Varredura Laser Terrestre (SVLT) é um sistema de levantamento tridimensional de ambientes no qual é possível mensurar e apresentar a distribuição de milhões de pontos levantados empregando-se a medida de uma distância por meio de uma portadora laser e direções horizontais e verticais de forma semelhante a uma estação total, porém com uma frequência de coleta muito superior. Aliado a cada ponto medido têm-se outras informações como a cor dos pontos (RGB), intensidade de retorno do sinal, temperatura do ponto no objeto, dependendo do modelo de equipamento empregado. O Laser Scanner Terrestre (LST) apresenta varreduras de pontos de forma estática ou cinemática. Para aplicações estáticas se faz necessário a instalação do equipamento em campo em locais que se tenha interesse no recobrimento, como apresentado na FIGURA 13, onde o equipamento está instalado dentro da Igreja da Ordem para a captura dos dados na posição estacionado, o que é denominado uma cena. Vale ressaltar que o Laser Scanner pode ser também instalado em veículos (aéreo ou terrestre), o qual apresentará o mesmo princípio de coleta de pontos.

FIGURA 13 - REGISTRO LST



FONTE: Autor (2021)

Foi estabelecido o processo de mensuração do ambiente (aqui denominado de escanerização) a partir de tomadas independentes, na qual acontece a varredura laser onde os dados coletados são denominados de "nuvens de pontos" que fornecem os valores de X, Y, Z dos pontos medidos na superfície escaneada, bem como um valor de intensidade de retorno do sinal (BARBER, 2003).

. O escaneamento resulta em um ambiente registrado com detalhes físicos modelados de forma geométrica, onde seus elementos apresentam medidas diretas em relação a sua base de instalação. O princípio de levantamento resulta em uma nuvem de pontos densa, onde em cada pulso emitido pelo sensor retorna com um ponto com coordenadas tridimensionais conhecidas, assim tem-se linhas de pontos que resultam em uma nuvem com recobrimento panorâmico.

O LST pode apresentar alcances de varredura dependendo da potência atribuída aos sensores que o constituem, neste sentido, faz-se necessário conhecer o tipo de sensor para as mais variadas aplicações. O LST costuma apresentar campo de varredura do instrumento que permite, em sua maestria, recobrimento angular de 360° em sua direção horizontal, e de aproximadamente 270° em sua vertical, o que classifica o mesmo como um laser do tipo panorâmico.

O escaneamento laser será utilizado juntamente com o levantamento com VANT de modo a permitir maior completeza ao modelo tridimensional, o que pode ser utilizado da metodologia mista para que o modelo gerado com ambos seja adequado para a visualização das feições, de modo a verificar um melhor ajuste ao modelo tridimensional de visualização do ambiente. Isto é necessário devido a questões de obstrução de elementos durante a coleta com o LST. Além disso, serão realizadas tomadas de varreduras no interior da Igreja da Ordem, de modo a permitir a representação das feições internas no modelo.

Para o levantamento da área externa, foram realizadas 91 cenas, divididas em três dias de coleta, de forma a recobrir todas as edificações (FIGURA 1), buscando sempre manter áreas de sobreposição entre as cenas de modo a permitir o registro das nuvens. Optou-se ainda em não realizar o referenciamento das nuvens em um sistema de referência específico, visto que o foco era a representação da geometria das edificações e visualização das mesmas.

Um dos problemas encontrados durante o levantamento foi a presença de veículos e pedestres durante, o que por vezes acabou obstruindo certas cenas. Assim,

a nuvem final foi gerada no mesmo referencial da primeira nuvem utilizada no processo de registro, a qual está apresentada em vermelho na FIGURA 14.

FIGURA 14 - REGISTROS, CONSIDERANDO A PRIMEIRA NUVEM GERADA



FONTE: Autora (2021).

O interior da Igreja da ordem apresenta feições simples em sua maioria, contudo, tem-se estruturas esculpidas em madeiras, ricas em detalhes, assim como lustres e demais obras religiosas que estão presentes no local, sendo necessário tomadas internas do laser para recobrir os elementos que estão localizados principalmente em suas laterais. A reconstrução interna não se limita à igreja, mas se expande para a torre onde está situado o sino, presente de Dom Pedro. Da mesma forma, as cenas foram planejadas de forma a terem sobreposição e o referencial é o mesmo utilizado na área externa, pois foi gerada uma nuvem única com os dados externos e internos.

FIGURA 15 - PARTE INTERNA IGREJA DA ORDEM



FONTE: Autora (2021)

De modo a recobrir as fachadas e demais elementos na parte superior das edificações que não foram levantadas com a utilização do LST, foi realizado a coleta de imagens por meio da utilização de VANT.

#### 4.1.2 LEVANTAMENTO POR VARREDURA A LASER

A primeira parte do projeto foi o levantamento da nuvem de pontos densa, utilizando o laser scanner Leica BLK360 para a captura das tomadas que representam em forma de nuvem o detalhamento das feições presentes nas fachadas levantadas. O equipamento utilizado permite a captura da realidade de forma a apresentar os resultados em tempo real, de forma a verificar a sobreposição requerida sobre as nuvens geradas. O sensor disponibiliza cerca de 360 mil pontos/seg, assim como a cada tomada o mesmo disponibiliza três produtos resultantes do levantamento, sendo eles: faixa de temperatura do ambiente levantado, nuvem de pontos do ambiente, assim como imagem esférica recobrendo 360° na horizontal da cena levantada.

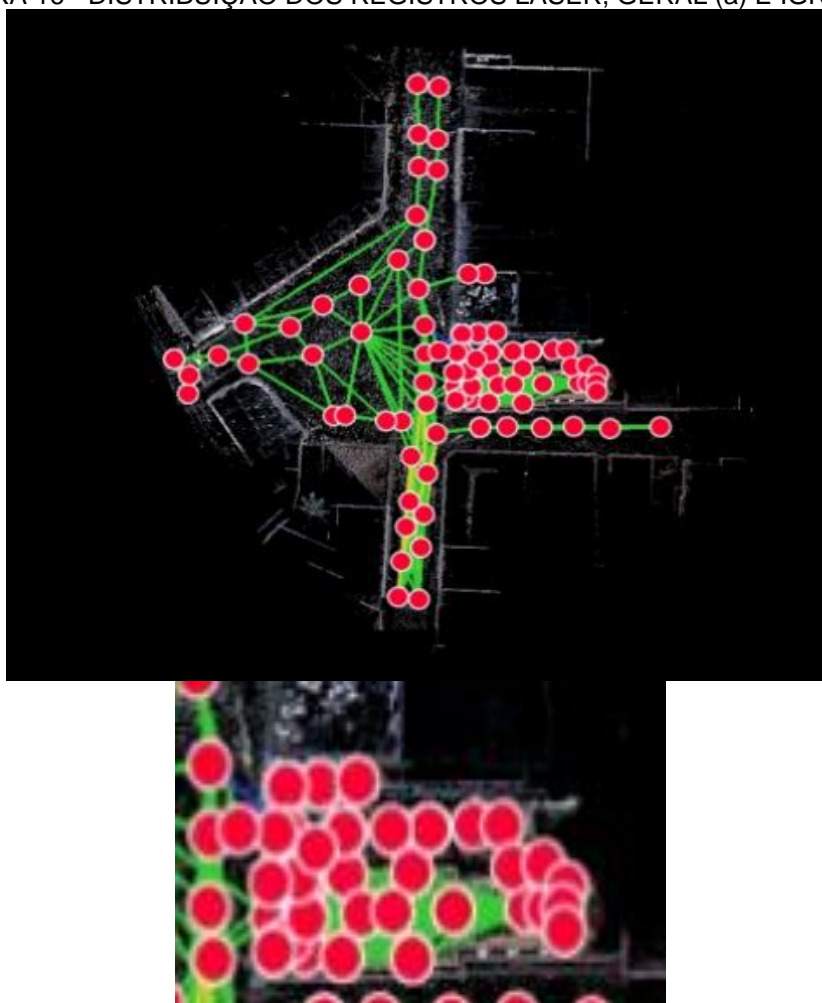
Com a área delimitada foram necessárias três idas a campo para concluir a cobertura de todos os ambientes presentes neste trabalho. Para a realização dos registros a laser foi estabelecido um distanciamento prévio de aproximadamente 5 m ao longo das fachadas, considerando que muitos dos registros recobrem mais que uma fachada, contemplando todas as áreas em mais de um registro. Esta

sobreposição é necessária para a realização dos registros das nuvens, ou seja, para a união de todas as nuvens, visto que cada cena tem seu referencial único e é necessária uma nuvem única de toda a área. Dentro da Igreja da Ordem a distribuição dos registros se apresenta mais densificada já que os elementos levantados apresentam mais detalhes em sua extensão e complexidade na distribuição espacial.

Após o levantamento em campo foi realizado o registro entre as cenas coletadas, que resultaram em uma nuvem completa da área estabelecida. Para este trabalho foi empregado o programa *Cyclone REGISTER 360*. Na FIGURA 16.a temos a distribuição de todos os registros realizados e seu processamento da nuvem de pontos, de modo a alinhar as tomadas. Para isso destacam-se as distribuições dos registros tomados em campo em vermelho e sua união com os demais por meio das linhas de base em verde e amarelo. As linhas remetem a ligação das tomadas vizinhas de modo a permitir a união entre registros, linhas de ligação verde serão consideradas melhores, enquanto linhas em amarelo adequado e vermelho ruim, sendo estas retiradas do processamento. As linhas são classificadas devido ao nível de registro apresentado nas nuvens de pontos, sendo assim, quanto menos áreas homólogas, menos ligações estarão disponíveis, o que resultará em uma ligação considerada ruim para o sistema.

Observa-se na FIGURA 16.b uma maior densidade de cenas na área em que se localiza a Igreja da Ordem.

FIGURA 16 - DISTRIBUIÇÃO DOS REGISTROS LASER, GERAL (a) E IGREJA (b)

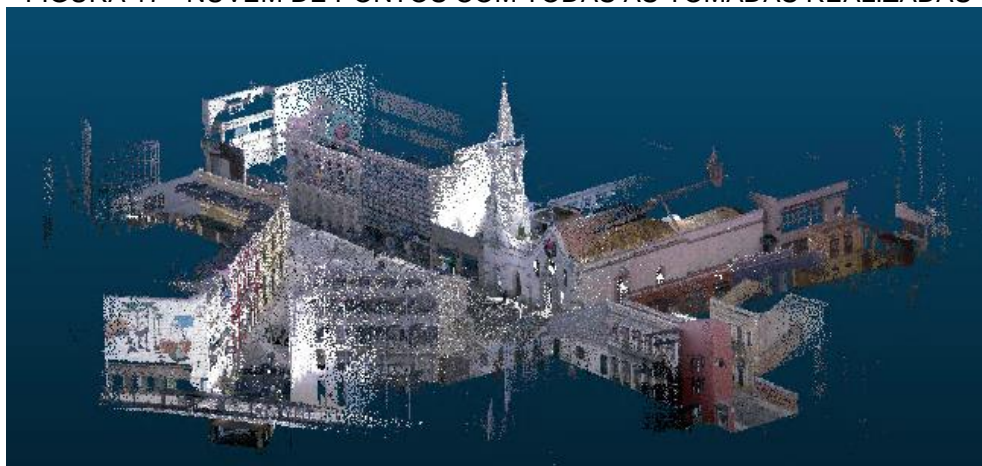


FONTE: Autora (2021).

A nuvem apresentou um resultado de 91 cenas geradas e utilizadas, com sobreposição total das tomadas com 55%, já que muitos dos elementos podem ser vistos em várias tomadas em diferentes posições, assim como a rigidez entre as nuvens que resultou em 67% em seu processo final, o que resultou em um erro de 6mm entre os conjuntos.

A nuvem resultante de todas as tomadas foi uma nuvem de pontos colorizada, com 141 milhões de pontos, como apresentado na FIGURA 17. A nuvem resultante proporciona ao visualizador melhor entendimento de suas feições e delimitação das edificações presentes na área. A nuvem foi exportada pelo *software Cyclone* no formato *pts* e importado no *software CloudCompare*, o que gerou a nuvem que está representada abaixo.

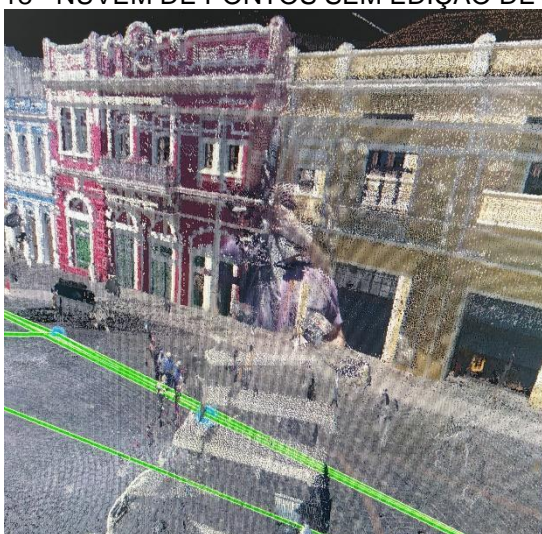
FIGURA 17 - NUVEM DE PONTOS COM TODAS AS TOMADAS REALIZADAS



FONTE: Autora (2021).

Com as cenas processadas e registradas, foi realizado o processo de geração de ortoimagens das fachadas. As imagens são resultado da união da nuvem de pontos e das imagens que foram coletadas em cada tomada. Sendo assim, em cada coleta foi realizada uma edição nas imagens disponibilizadas pelo LST de modo a retirar elementos que não correspondem às fachadas, com o objetivo de melhorar o resultado do modelo gerado. Caso essa edição não fosse realizada poderiam ser vistos elementos como carros, decoração natalina e pedestres que passaram pelos arredores do local levantado na hora da tomada, como é possível ver na FIGURA 18, que apresenta a imagem de uma pessoa projetada em uma das fachadas.

FIGURA 18 - NUVEM DE PONTOS SEM EDIÇÃO DE FEIÇÕES



FONTE: Autora (2021).

A nuvem não foi submetida a nenhum processo de edição, de modo que se aberta será possível visualizar pessoas em toda a região do projeto. Abaixo temos um perfil realizado no *software MicroStation*, na região da escada do túnel que liga o Largo da Ordem com a Praça Tiradentes.

FIGURA 19 - PERFIL NUVEM DE PONTOS



FONTE: Autora (2021).

Na imagem abaixo temos a representação da fachada de uma das edificações presentes na rua São Francisco, que foi realizada a partir da nuvem de pontos colorizada e gerada uma ortofoto dela. Como todas as tomadas realizadas pelo LST foram realizadas nas vias públicas e o equipamento foi instalado no calçamento, houve a presença de obstruções em elementos como os balcões presentes em algumas edificações, o que resultou em partes das edificações não sendo modeladas, necessitando de mais tomadas em níveis acima da via ou, como esse trabalho irá apresentar, a utilização de outra técnica de recobrimento aéreo que disponibilizará os elementos modelados na parte superior.

FIGURA 20 – ORTOFOTO DA FACHADA



FONTE: Autora (2021).

Nas imagens das fachadas e na nuvem de pontos é possível identificar feições que podem vir a ser modeladas a fim de obter elementos gráficos obtidos por meio de vetorização do espaço. Neste trabalho não será realizada a modelagem vetorial, mas sim a modelagem do ambiente de forma a apresentar um modelo tridimensional contínuo.

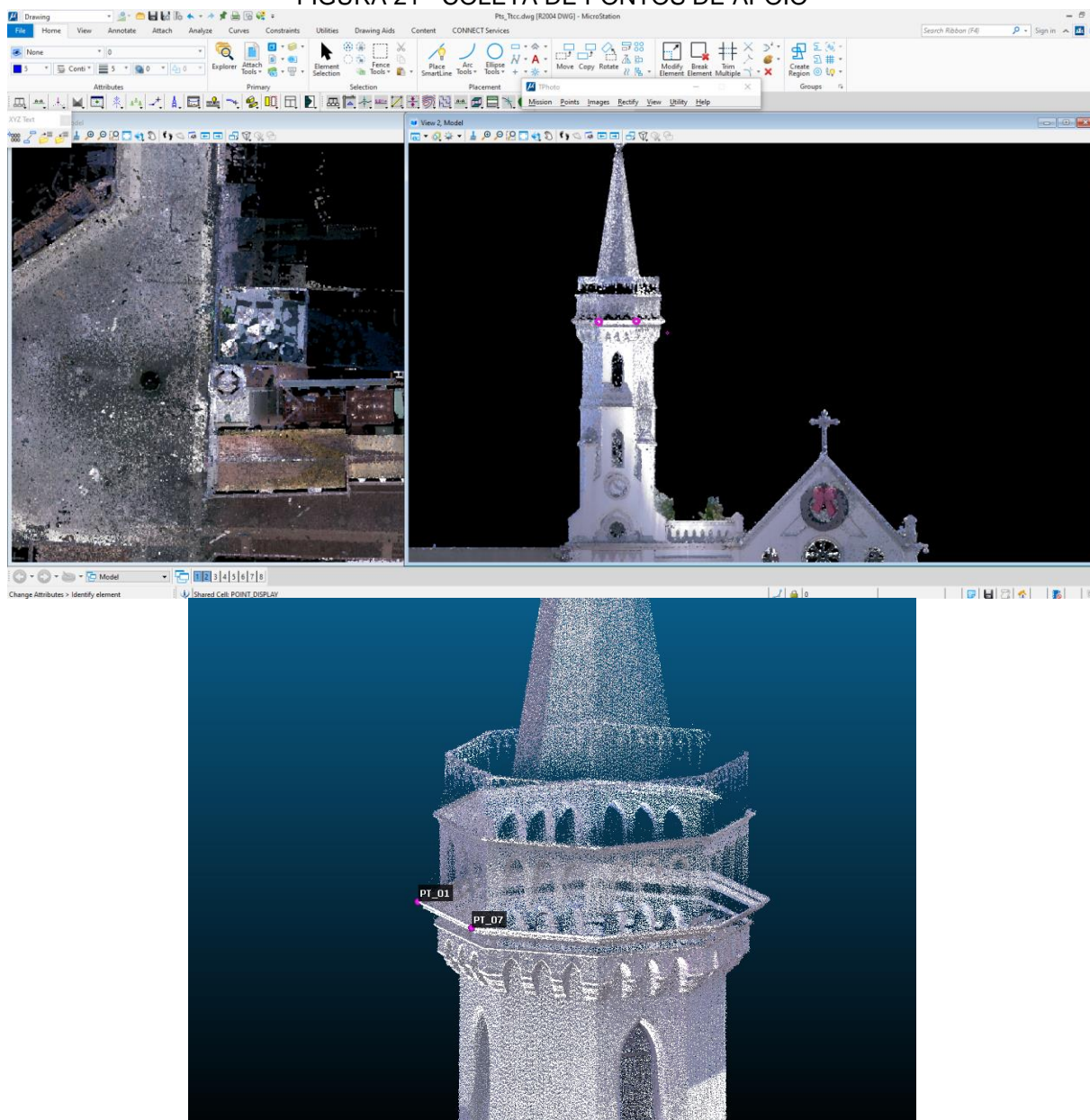
A nuvem de pontos processada e alinhada foi submetida a filtragem após a exportação do *software Cyclone*, sendo eliminadas feições na imagem as quais não se tinha ligação com o ambiente analisado, eliminando elementos não fixos presentes na tomada, realizando uma edição tanto na nuvem quanto nas imagens que resultam sua coloração e deixando apenas elementos construídos na nuvem. Os arquivos foram divididos em sessões no *software CloudCompare* de modo a facilitar o processo para que o mesmo fosse realizado de modo mais acessível com o equipamento utilizado.

Não obstante, após a exportação da nuvem a mesma foi filtrada, no *Software MicroStation*, de modo a eliminar pontos com 1 mm de proximidade, retirando elementos duplicados devido ao alto número de pontos levantados a partir das tomadas em campo. A nuvem foi reduzida a 33% da nuvem total, o que tornou a nuvem mais leve permitindo ser utilizada em outras demandas do presente trabalho.

Com a nuvem editada e filtrada, foi realizado no *software CloudCompare* um processo de captura de pontos na nuvem, no sistema local de coordenadas. Os pontos foram utilizados para a realização da união entre nuvem de pontos e imagens obtidas pelo levantamento *VANT*, sendo utilizados como pontos de apoio entre técnicas.

A distribuição dos pontos foi realizada tanto em feições fotoidentificáveis na nuvem colorizada quanto em feições como quinas que podem ser identificáveis em ambos os processos. Os pontos foram coletados pelo *software MicroStation*, uma vez que no mesmo é possível coletar os pontos de forma mais eficiente devido a manipulação dos dados por forma de perfil. Na FIGURA 21 temos a representação da captura dos pontos de apoio que foram retirados a partir da nuvem de pontos gerada anteriormente, o qual os pontos de apoio podem ser visualizados nas bordas da torre da igreja, com pontos na cor rosa.

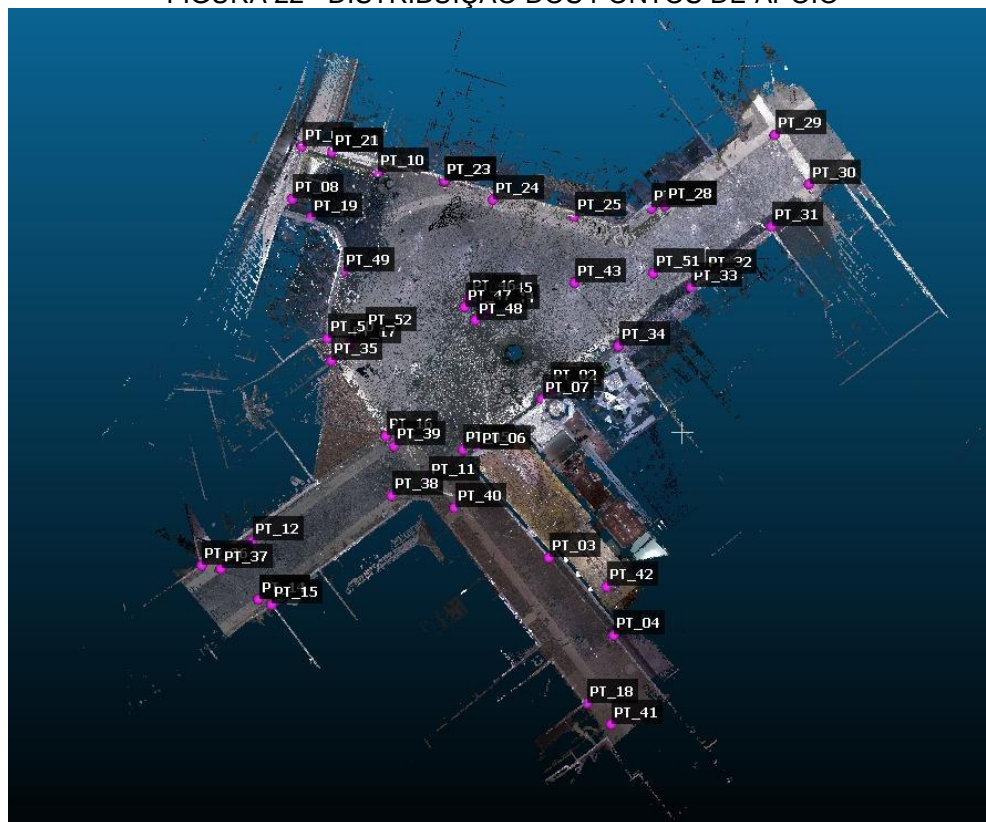
FIGURA 21 - COLETA DE PONTOS DE APOIO



FONTE: Autora (2021).

Abaixo temos a distribuição dos pontos de apoio capturados no terreno e nas fachadas da área de interesse, de modo a contemplar todo o ambiente.

FIGURA 22 - DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE APOIO



FONTE: Autora (2021).

#### 4.1.3 RESULTADOS FACHADAS LASER

Com o processamento realizado, foi possível a geração dos elementos capturados em campo, no qual resultou em uma nuvem completa de pontos registrados em um único sistema de coordenadas. A nuvem posteriormente foi editada, de modo a retirar todas as obstruções, ruídos e demais elementos não significativos no processo.

Com a nuvem de pontos, devido ao seu alto nível de densidade de pontos, foi possível gerar imagens resultante da união da nuvem de pontos com a imagem disponibilizada pelo equipamento utilizado, o qual gerou uma ortoimagem da junção destes elementos citados, disponibilizada abaixo.

FIGURA 23 – ORTOFOTO DA FACHADA DA IGREJA DE SÃO FRANCISCO DE CHAGAS



FONTE: Autora (2021).

No capítulo APÊNDICE ao final deste documento, foram disponibilizados os resultados de todas as fachadas geradas pela nuvem de pontos, contemplando toda a área de interesse deste trabalho. As escalas das ortofotos estão representadas junto às mesmas

## 4.2 TOUR VIRTUAL

### 4.2.1 METODOLOGIA TOUR VIRTUAL

A visualização de ambientes de forma digital vem sendo muito utilizada em ferramentas como *Google Street View*, *Live Earth Map*, entre outros disponíveis. Os *softwares* disponibilizam imagens que apresentam vistas panorâmicas 360° na horizontal e 270° na vertical, representando ambientes de forma remota com sua localização apresentada ao longo de uma rota ou em ambientes específicos.

Ao longo do levantamento na área de interesse deste projeto foi utilizado o laser scanner BLK360, o qual escaneia ambientes disponibilizando nuvem de pontos do local instalado e bem como imagens esféricas (panoramas equirretangular) como apresentado na FIGURA 24. Estas imagens consistem em uma imagem retangular com largura e altura que se correlacionam em escala 2:1 (CRICRI; LICHIF, 2018).

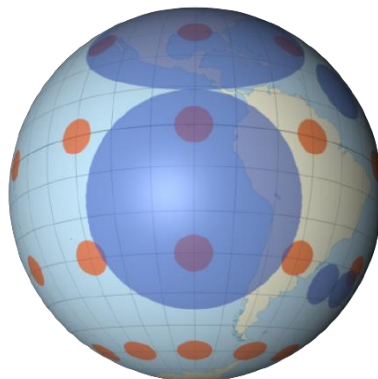
FIGURA 24 - IMAGEM ESFÉRICA GERADA PELO LST



FONTE: Aurora (2021).

Seu formato, ao ser disponibilizado, apresenta uma estrutura “desembrulhada” de uma esfera, o que resulta em distorções em suas extremidades. A FIGURA 25 demonstra graficamente como ocorrem as distorções das imagens, com sua linha central vertical com distorção nula e ao se afastar da linha vertical ao centro, temos distorções aumentadas gradativamente até suas bordas.

FIGURA 25 - DISTORÇÕES EM IMAGEM 360º



FONTE: QASTACK, 2021.

#### 4.2.2 NAVEGAÇÃO INDOOR E OUTDOOR

Segundo Carneiro Filho (2020) as aplicações de um sistema de navegação *indoor* e *outdoor* baseiam-se em vincular elementos físicos como estruturas históricas, parques e demais ambientes que podem ser visitados ou vistos de forma a permitir visitas virtuais que possibilitem a ambientação do local de forma virtual, de modo a determinar trajetos de um ponto até um determinado destino. O crescimento da utilização de dados geoespaciais associado com a facilidade de acesso a eles por meio de dispositivos móveis contribuem para o surgimento e crescimento das aplicações voltadas para o mapeamento indoor (POTIGIETER, 2015). O conceito está vinculado com os ambientes virtuais como o *street view*, que vincula um local e rotas a imagens que possibilitam conhecer o local sem ao menos ter caminhado sobre ele.

A navegação *indoor* não necessita de conhecimento de coordenadas dos locais, mas uma aproximação da realidade baseados em elementos físicos que podem ser facilmente localizados por meio de mapas da região ou plantas, por exemplo.

#### 4.2.3 MÉTODO TOUR VIRTUAL

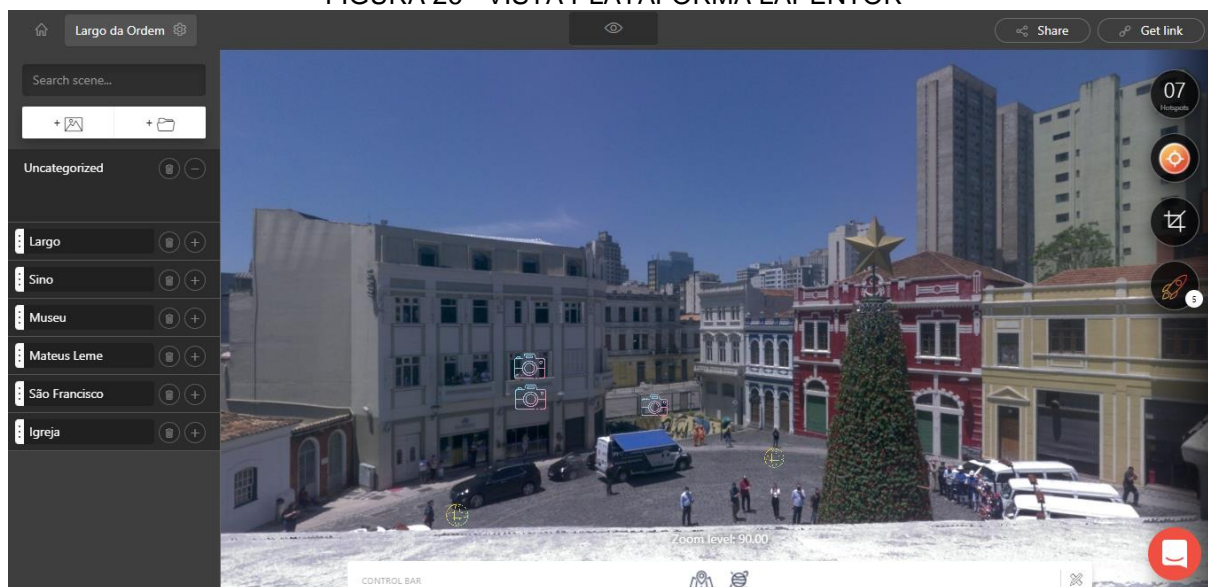
Como citado neste trabalho, o LST utilizado disponibiliza a cada coleta realizada uma imagem esférica, que é utilizada para a coloração da nuvem. Possibilitando que as imagens resultantes fossem utilizadas para apresentar um caminhamento das estações registradas, inserindo as mesmas em uma plataforma *online* gratuita chamada *Lapentor*. A mesma foi utilizada para distribuir as imagens de

forma a criar um tour virtual do local associando imagens de diferentes cenas. Importante ressaltar a diferença temporal entre as coletas resultando em condições diferentes de luminosidade, elementos físicos instalados como decoração natalina e demais elementos que não apresentam continuidade nas tomadas, devem ser relevados.

O *software* utilizado tem sua plataforma de edição e de apresentação, que necessita de apenas um cadastro prévio para a edição e não necessita do mesmo para a visualização. A área de edição disponibiliza a organização dos elementos inseridos como as imagens, ícones e demais funções, de modo a gerar um fluxo de trabalho, como o operador desejar. Com isso, a primeira função da plataforma é inserir as imagens equirretangulares ou 360°, que resultarão em uma imagem em forma de esfera, como já comentado no capítulo 4.2.

A partir das imagens de todos os levantamentos realizados, foram modificados seus nomes e separados em pastas, como mostrado na imagem abaixo. Após isso, foram realizadas as “ligações” entre os registros de modo a conectar todos.

FIGURA 26 - VISTA PLATAFORMA LAPENTOR



FONTE: Autora (2021).

O ambiente principal deste local de estudo é o bebedouro do Largo, o qual foi um dos locais de registro, como mostra a imagem abaixo. O local foi considerado como o primeiro ponto deste caminho, levando em consideração que nele podemos visualizar boa parte dos elementos levantados, fazendo com que a exploração dos demais elementos seja realizado com maior acessibilidade para o visualizador.

FIGURA 27 - REGISTRO SOBRE O BEBEDOURO



FONTE: Autora (2021).

Na imagem acima temos a distribuição dos registros realizados e importados, de modo a ser possível se movimentar pela cena clicando em cada um dos ícones dispostos ao longo dos elementos presentes nas cenas. A esfera, FIGURA 28.a, remete ao local do registro, o qual é possível mudar o ambiente clicando no mesmo. Já a câmera (FIGURA 28.b) busca representar elementos históricos ou detalhes que podem não estar visíveis nas imagens 360°, além das imagens que remetem a evolução ou degradação dos elementos presentes nas cenas.

FIGURA 28 - ÍCONES ESFERA (a) E IMAGEM (b)



FONTE: FLATICON (ÍCONES)

Sendo assim, por meio do caminhar resultante das tomadas individuais, foi realizada a inserção de imagens capturadas ao longo dos anos, desde 1900 até os dias atuais, que evidenciaram as diferenças que ocorreram e que assim nos propiciam ver o passado com os olhos atuais.

#### 4.2.4 TOUR VIRTUAL

O sistema de navegação *indoor* estabelecido com os meios apresentados no capítulo 4.2 está disponível para ser acessado pelo *QR CODE* abaixo ou clicando no mesmo que irá redirecionar para o ambiente do trabalho.

FIGURA 29 – QR CODE NAVEGAÇÃO INDOOR



FONTE: Autora (2021).

No sistema estão presentes elementos que visam a representação dos ambientes, como citado, sejam eles internos ou externos. Assim temos além de ambientes imageados e com seu recobrimento com nuvem de pontos, ambientes que podem ser explorados de forma a facilitar possíveis planejamentos de reformas ou apenas uma comparação temporal, caso ocorram mudanças significativas nos ambientes imageados de forma a ter uma comparação, se necessário.

Como apresentado anteriormente, no sistema de navegação disponibilizado, foram inseridas imagens do atual momento (2021) e imagens tanto de detalhes quanto de momentos do passado que apresentam uma realidade não mais existente nos dias de hoje. Sendo assim, foram disponibilizadas as fachadas no capítulo APÊNDICE, no qual podem ser vistas as mudanças das edificações presentes no Largo. Com isso temos a FIGURA 30 com o antes e o depois da esquina do Largo da Ordem, que atualmente passou desta edificação em um andar para o atual colégio *Dynâmico*, que passou a ter três andares.

FIGURA 30 - DIFERENÇA TEMPORAL NO LARGO



FONTE: Autora (2021).

Contudo, o elemento com maior destaque em relação a mudança neste ambiente é a implantação da rua Travessa Nestor de Castro, que modificou todos os elementos presentes na região, alterando completamente o centro histórico. A partir deste acontecimento foram retiradas edificações e outros elementos que estavam presentes no local, assim como a mudança estrutural nos prédios que eram anexos às estruturas vizinhas.

Assim como a implantação do túnel que está na galeria Julio Moreira que liga as duas partes separadas pela Travessa. O ambiente teve sua parte inicial de ligação com o Largo capturado pelo levantamento de laser e VANT, assim como inserido no caminho realizado.

## 4.3 MODELO FOTOGRAMÉTRICO

### 4.3.1 LEVANTAMENTO FOTOGRAMÉTRICO

A utilização do levantamento fotogramétrico vem sendo desenvolvida desde iniciativas militares, o que possibilitou ao longo do tempo o acesso a aplicação em diversas áreas, como a aplicação agrícola, representações de erosões, desmatamento, entre outras. O equipamento *VANT* apresenta características físicas vantajosas como: controle externo de suas funções, pré-planejamento da rota percorrida apresentando maior otimização do tempo para a realização do levantamento.

As imagens resultantes do levantamento usualmente necessitam de calibração, visto que as câmeras embarcadas em *VANTs* não costumam apresentar parâmetros de orientação interior. Parâmetros estes que permitem uma boa fotogrametria, a qual se faz necessário para que o ambiente levantado não apresente distorções em seus resultados e modelos. Desta forma, pode-se entender como calibração de câmeras, a obtenção de parâmetros internos do sensor que influenciam na deformação presente nas imagens capturadas durante o imageamento.

Para a realização deste trabalho foi utilizado o método desenvolvido por Dean Merchant (1967), denominado como método *in situ* com duas altitudes, o qual sugere a utilização de voos fotogramétricos em diferentes escalas de voo que visam a quebra da correlação entre elementos de orientação interior e exterior da câmera, de modo a eliminar a dependência linear (OLIVAS, 1980).

O levantamento das imagens que buscam recobrir a estrutura edificada presente no Largo da Ordem se deu por meio da utilização do drone *DJI Mavic Pro 2*. O mesmo conta com um sensor com distância focal nominal de 4,52mm e pixel de 1,52  $\mu\text{m}$ . O processo de cobertura foi dividido em três etapas, sendo o primeiro e o segundo voos realizados com altura de 38 m, resultando em um pixel com GSD (*Ground Sample Distance*) de aproximadamente 1 cm. Um terceiro voo, realizado com altura de 60 m teve por objetivo coletar a mesma região de modo a permitir a calibração do sensor utilizado em serviço, por meio de duas altitudes, o processo de calibração se deu por meio de pontos de campo extraídos da nuvem de pontos obtida na varredura com o LST.

Na FIGURA 31 é apresentado o plano de voo, no qual optou-se por linhas cruzadas de voo, com sobreposição entre faixas e voos.

FIGURA 31 - PLANO DE VOO

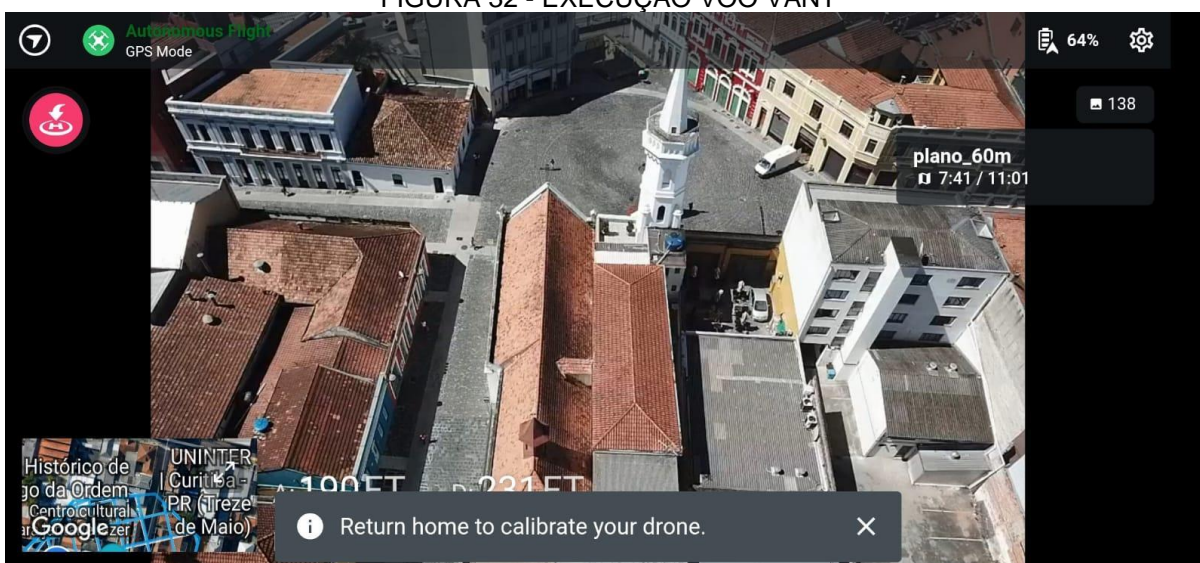


FONTE: SOFTWARE DRONE DEPLOY

### 4.3.2 LEVANTAMENTO VANT

Com o que foi apresentado no item anterior deste trabalho, o qual refere-se ao processo estabelecido para o recobrimento com VANT, foi realizado o voo com a captura das imagens, de modo a realizar um recobrimento de todo o ambiente a fim de imagear os elementos superiores das edificações, assim como os elementos presentes nas fachadas, o que resultou na tomada de 438 imagens utilizadas no processo de modelagem da área.

FIGURA 32 - EXECUÇÃO VOO VANT

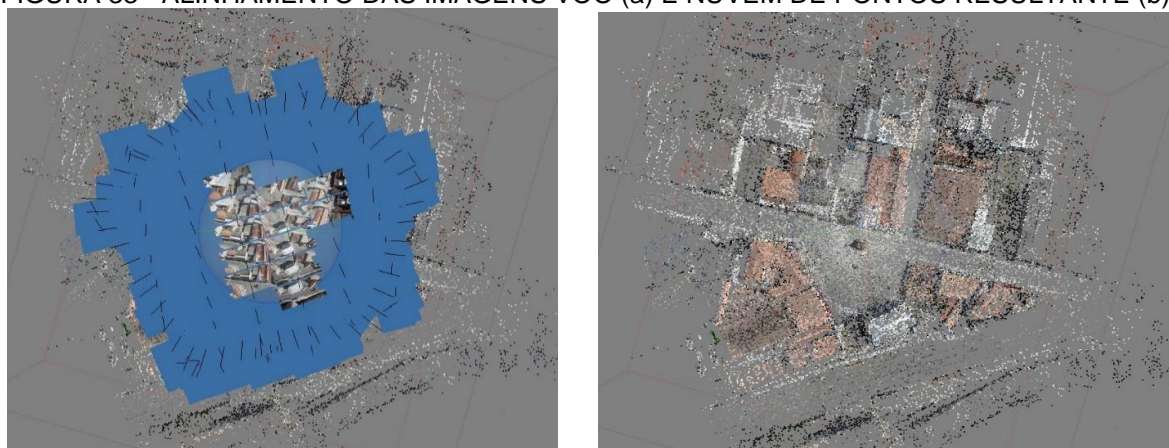


FONTE: Autora (2021).

Após processo em campo os dados foram inseridos no *Software Agisoft Metashape* que necessita dos parâmetros de orientação interior (POI) e pontos de apoio, que foram retirados da nuvem de pontos, como já citado.

O processo do *software* visa inicialmente realizar o alinhamento das imagens de modo a gerar uma nuvem de pontos por meio das imagens do levantamento. A partir daí temos, como mostra a FIGURA 33, o alinhamento das imagens (a) e a nuvem gerada com as imagens (b).

FIGURA 33 - ALINHAMENTO DAS IMAGENS VOO (a) E NUVEM DE PONTOS RESULTANTE (b)



FONTE: Autora (2021).

Seguindo o fluxo de trabalho foi realizada a leitura dos pontos de apoio de modo a vincular os pontos do sistema de referência local com o as imagens, fazendo com que todos os processos estejam vinculados a um único sistema de referência. Com isso, se em outras demandas houver necessidade de vincular a um outro sistema de referência, os dados poderão ser georreferenciados.

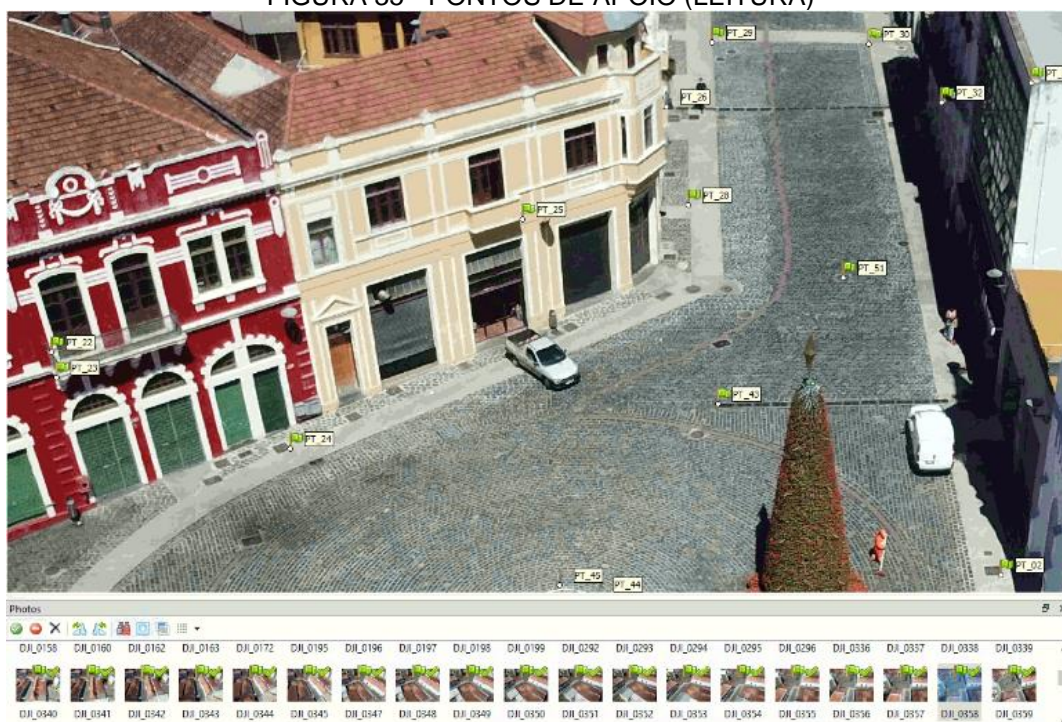
FIGURA 34 - PONTOS DE APOIO



FONTE: Autora (2021).

Assim, em cada ponto foi realizada suas respectivas leituras em cada imagem que o ponto está visível e identificável, como mostra a FIGURA 35.

FIGURA 35 - PONTOS DE APOIO (LEITURA)





FONTE: Autora (2021).

A partir dos pontos lidos no *software* foram estabelecidos os pontos coletados nas áreas do calçamento apresentadas no projeto como pontos de apoio para a realização da calibração do bloco fotogramétrico que visa trazer estabilidade para o projeto calculando os parâmetros de orientação interior (POI) do equipamento, visto que o equipamento apresenta parâmetros de orientação exterior (POE), de alta confiabilidade, para as imagens capturadas no voo. Com isso, para a calibração do equipamento os POIs não foram injuncionados, de modo a não os fixar para que os mesmos fossem calculados, desta forma, ao final do processo, têm-se melhores POI's. Os quais foram utilizados nas etapas seguintes de aerotriangulação do voo com GSD de 1 cm e na elaboração dos produtos subsequentes.

A partir da inserção dos parâmetros os pontos coletados na nuvem de pontos, que foram lidos anteriormente, foram selecionados alguns pontos nas fachadas presentes no bloco e pontos no chão do bloco, de modo que a sua distribuição de pontos de apoio e de verificação contemplem toda a área de interesse fixando todas as regiões do bloco, superfícies horizontais e verticais. Desta forma, espera-se que os produtos gerados por meio da utilização das imagens tenham alta aderência a nuvem de pontos coletadas por meio do laser terrestre.

Com a aerotriangulação realizada, iniciou-se o processo de densificação dos pontos do modelo, utilizando da função *dense cloud* disponível no *software* que gerou uma nuvem de aproximadamente 17 milhões de pontos, como mostra a FIGURA 36.

FIGURA 36 - NUVEM DENSA GERADA PELAS IMAGENS VANT



FONTE: Autora (2021).

Após o processo de geração da nuvem densa deu-se início ao processo de *Tiled Model*, *DEM (Digital Elevation Model)* e ortomosaico. O *Tiled Model* é nomeado em português como construção de azulejos, o qual é adequado para soluções na escala da cidade, utilizado em modelos que necessitem de uma alta resolução e que será necessário a representação de elementos lado a lado (AGISOFT 1.5, 2019). *Tiled models* podem ser entendidos ainda como gêmeos fotogramétricos, modelos fotorrealísticos buscando representar a superfície levantada por meio de conjuntos de triângulos texturizados e colorizados.

### 4.3.3 MODELO GERADO COM AS IMAGENS

A apresentação dos elementos gráficos gerados pelo voo VANT representaram todas as edificações presentes no espaço levantado, de modo a ser visível as distorções nas regiões mais afastadas do centro do modelo e que não apresentam pontos de apoio devido aos mesmos serem resultantes do laser estático.

As fachadas foram obtidas de forma a representar todos os elementos presentes na cena, sendo eles as edificações ou os elementos de decoração natalina.

O processamento resultou em um bloco fotogramétrico cujas precisões estão disponíveis nas tabelas abaixo e que apresentam os erros médios quadráticos das coordenadas a partir de todas as câmeras utilizadas no processo, as quais estão separadas em componentes ou na união delas.

A Tabela 1 apresenta os valores resultantes dos pontos de controle utilizados para vincular ao modelo laser utilizado para a extração dos pontos de apoio e de verificação, o qual obteve-se valores aproximadamente de dois GSDs, que corresponde a 2 cm de erro em relação a nuvem de pontos.

TABELA 1 - ERROS PONTOS CONTROLE

<b>NÚMERO PONTOS</b>	<b>X error (cm)</b>	<b>Y error (cm)</b>	<b>Z error (cm)</b>	<b>XY error (cm)</b>	<b>TOTAL (cm)</b>
21	2,028	2,259	3,009	3,036	4,275

FONTE: Autora (2021).

A Tabela 2 apresenta os valores resultantes para a verificação do bloco, sendo que ele apresenta uma precisão de aproximadamente dois GSDs em planimetria e o dobro em altimetria. Valido lembrar que para projetos como este não há uma precisão pré-estabelecida, mas era esperado que o modelo apresentasse tal resultados na ordem do centímetro.

TABELA 2 – ERROS PONTOS VERIFICAÇÃO

<b>NÚMERO PONTOS</b>	<b>X error (cm)</b>	<b>Y error (cm)</b>	<b>Z error (cm)</b>	<b>XY error (cm)</b>	<b>TOTAL (cm)</b>
27	2,605	2,331	4,005	3,496	5,316

FONTE: Autora (2021).

Considerando que os pontos foram extraídos de feições nas fachadas das edificações e que a projeção das imagens em relação as fachadas podem ser motivos para que o erro em altimetria foi maior do que esperado. Tal resultante pode ser

futuramente modificada com outras técnicas de modelagem ou vinculação a nuvem de pontos densa realizada com o laser estático.

Nas FIGURA 37 a FIGURA 39, é possível visualizar a modelagem resultante das técnicas empregadas, de modo a apresentar as fachadas por completo e em todas as perspectivas.

FIGURA 37 - MODELO TRIDIMENSIONAL VOO FOTO, PRIMEIRA VISTA



FONTE: Autora (2021).

Na FIGURA 38 temos distorções na fachada, como é possível ver na região esquerda da figura. Isto pode ocorrer em todas as regiões do modelo, mas em específico nesse local pode ser considerado que a modelagem falhou devido a presença de vidros na estrutura, o que pode não ser representado de modo adequado no modelo.

FIGURA 38 - MODELO TRIDIMENSIONAL VOO FOTO, SEGUNDA VISTA



FONTE: Autora (2021).

O modelo apresenta uma malha texturizada detalhada, como apresentado nas figuras, o resultado condiz com a realidade levantada.

FIGURA 39 - MODELO TRIDIMENSIONAL VOO FOTO, TERCEIRA VISTA



FONTE: Autora (2021).

O modelo resultante em sua completude pode ser visto na *playlist* que está com o link no QR CODE apresentado na FIGURA 40, assim como outros vídeos gerados ao longo do trabalho de forma a apresentar os métodos utilizados.

FIGURA 40 - QR CODE COM LINK INDISPONIVEL



FONTE: Autora (2021).

Com a modelagem na nuvem de pontos que resultou em ortoimagens das fachadas, temos um comparativo apresentando a modelagem a partir das imagens, como foi apresentado anteriormente. Nas FIGURA 41 a FIGURA 44, temos um comparativo dos dois métodos aplicados neste trabalho que apresentam uma diferença em questão de detalhamento e precisão, visto que o modelo foto é uma representação da estrutura gerada a partir das fotos o que não é comparado ao nível de detalhamento e de precisão que a nuvem de pontos laser pode fornecer.

Além disso, o voo foto apresenta um recobrimento relativamente completo do ambiente, considerando que sua estrutura foi representada por completo com a representação da parte superior da edificação, o que não foi possível na nuvem laser visto que o equipamento utilizado não possibilita a representação destes elementos com as coletas realizadas.

Nas modelagens resultantes da casa vermelha, temos uma sacada vazada que ficou melhor representada no modelo foto, como pode ser visto na FIGURA 41.a, visto que no modelo laser os pontos apresentaram um vazamento no local e com a imagem utilizada resultou em uma distorção da região, como mostra a FIGURA 41.b.

FIGURA 41 - COMPARATIVO CASA VERMELHA, MODELO FOTO (a) e MODELO LASER (b)

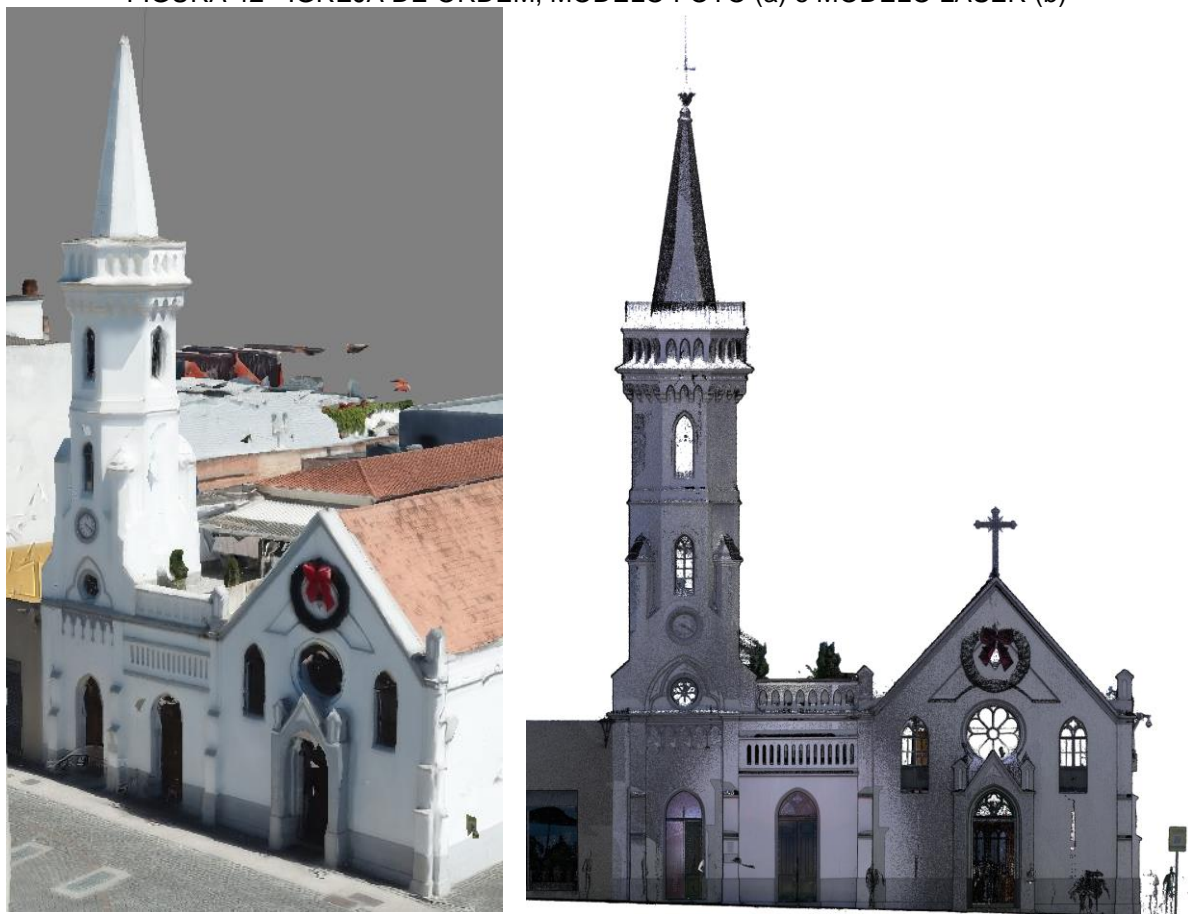


FONTE: AUTORA (2021).

A Igreja da ordem, FIGURA 42, resultou em uma modelagem mais rica em detalhes na nuvem de pontos, assim como a visualização de elementos como a cruz no topo da igreja que não foi representada no modelo fotorrealístico devido ao seu tamanho não ter sido considerado ao longo do processo de modelagem. Outros elementos como a representação de janelas e beiras foram melhor representados no modelo laser.

A FIGURA 42.a apresenta uma coloração mais viva que a nuvem de pontos devido a diferença climática nos levantamentos, no levantamento foto o sol não estava encoberto enquanto que no laser estava nublado.

FIGURA 42 - IGREJA DE ORDEM, MODELO FOTO (a) e MODELO LASER (b)



FONTE: AUTORA (2021).

Nas imagens abaixo, referentes a FIGURA 43, pode ser realizado um comparativo em relação as feições apresentadas, de forma a verificar o detalhamento dos elementos entre foto e laser no balcão da edificação. Na FIGURA 43.a temos uma suavização dos elementos por meio da representação das imagens. Já na FIGURA 43.b temos o detalhamento das feições e conseqüentemente é possível a extração dos elementos de forma fidedigna a realidade capturada.

FIGURA 43 - EDIFICAÇÃO LARGO (1), MODELO FOTO (a) e MODELO LASER (b)



FONTE: AUTORA (2021).

Também podemos ver acima a oclusão dos elementos próximos ao balcão representado, que resultou em buracos no modelo de correlação devido a falta de elementos levantados no voo foto. Assim como elementos na parte superior das edificações levantadas na nuvem de pontos apresentaram falta de dados na região superior devido a oclusão dos elementos pelo uso do equipamento terrestre que não fornece cobertura completa dos ambientes altos. Sendo assim a representação das fachadas podem ser melhoradas com a união dos levantamento foto e laser, o que não foi possível de ser realizado neste projeto.

Na FIGURA 44, representando a edificação próxima a Travessa Nestor de Castro, temos elementos na parte superior que foram definidos em ambos os modelos, deixando sua representação, mesmo que com diferentes técnicas, similares a realidade levantada. Assim como a representação dos elementos de beiras nas colunas apresentam melhor modelagem no modelo foto, delimitando suas feições. O mesmo ocorre nas janelas da edificação e na porta com sua estrutura seccionada

(FIGURA 44, parte inferior) mas com todas as representações dos elementos em ambas.

FIGURA 44 - EDIFICAÇÃO LARGO (1), MODELO FOTO (a) e MODELO LASER (b)



FONTE: AUTORA (2021).

Ao final dos processamentos os dados puderam ser exportados e inseridos para realização dos demais processos de modelagem vetorial ou visualização de elementos em *softwares* como o *AutoDesk*, *Sketchfab* e ou o *4dMapper*.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A representação de elementos físicos em ambientes digitais vem sendo desenvolvida e aprimorada em vários âmbitos a que se pode ter resultados significativos para uso deles. Assim, os meios de recobrimentos apresentados ao longo desse trabalho apresentam medidas satisfatórias para a execução de mais representações por meio de técnicas fotogramétricas.

O objetivo geral deste trabalho foi a realização de um mapeamento dos objetos históricos, o qual viabiliza a aplicação nos demais centros históricos a qual as técnicas aplicadas neste trabalho serão vantajosas para a manutenção deles. Desta forma, como contemplado nos objetivos específicos, foi possível a representação do mapeamento *indoor* e *outdoor* dos elementos do Largo da Ordem e Igreja da Ordem, a disponibilização do mapeamento omnidirecional em um ambiente “*walk through*”, a modelagem por meio de nuvem de pontos laser, a reconstrução a partir da nuvem colorizada que resultou em ortoimagem das fachadas por meio de pontos, a reconstrução das fachadas e a modelagem fotorrealística, de modo a verificar variações históricas de forma parcial com o material histórico disponível. Assim como foi possível a modelagem por meio de correlação fotogramétrica e a disponibilização da modelagem foto-realística do Largo da Ordem.

Com os produtos obtidos tem-se resultado satisfatório quanto aos modelos apresentados, mas evidenciando que o modelo mais preciso e detalhado é o modelo com a nuvem de pontos, e que o modelo fotorrealístico disponibiliza a visualização gráfica do ambiente sem uma acurácia constatada. Apresentando os elementos e de forma a construir um modelo para uma possível modelagem dos ambientes e que atenda aos recursos necessários que o HBIM necessita, o qual requer uma fonte rica em informações com preciosismo em detalhes em sua estrutura.

Para trabalhos futuros sugere-se o prosseguimento dos experimentos, aprimorando os produtos gerados, de modo a auxiliar em outros casos relacionados aos objetivos propostos. Sendo assim, sugere-se que sejam aplicados:

- Elementos vetoriais ao modelo existente, produzindo assim uma representação melhor para o objetivo de implantação do HBIM;
- Implementação de dados dentro dos elementos históricos do Largo da Ordem, fazendo assim uma representação fidedigna de todos os ambientes;

- Geração de um ambiente com realidade virtual do local de estudo, ampliando para os demais centros turísticos de Curitiba;
- Modelagem das edificações não mais existentes no largo, de modo a implantar no ambiente de realidade virtual;
- Verificação de integração das nuvens de correlação e laser de modo a utilizar as vantagens das técnicas separadas;
- Aprimoramento na modelagem fotorrealística por meio da coleta de mais dados.

## REFERÊNCIAS

**Programa Estúdio C** - Programa especial em comemoração ao aniversário de Curitiba. Bloco 1 dia 27 mar. 2021. Disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/9387843/>

DEZEN-KEMPTER, E.; SOIBELMAN, L.; CHEN, M.; MÜLLER, A.V. Escaneamento 3D a laser, fotogrametria e modelagem da informação da construção para gestão e operação de edificações históricas. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 113-124, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v10i2.102710> Acesso em: 14 abr. 2021.

MACEDO, R.G. Curitiba Luz dos Pinhais. Paraná: Curitiba, 2016.

TURISTÓRIA DO PARANÁ. Disponível em: <http://turistoria.com.br/> . Acesso em: 13 abr. 2021.

SECRETARIA DA COMUNICAÇÃO SOCIAL E DA CULTURA. Patrimônio Cultural. Disponível em: <https://bit.ly/3dncVZ8> . Acesso em: 27 set. 2021

GOVERNO DO PARANÁ. Espirais do Tempo. Paraná: Curitiba, 2006.

NASCENTES, M.C.C.; D'ANGELIS, T.S.R. O Setor Histórico de Curitiba na construção da imagem da “cidade modelo” de Curitiba. In: XVII ENANPUR - Sessões Temática 7: Cidade e História, 2017, São Paulo.

MÄNNICH, C. Centro Histórico de Curitiba. Monografia de pós graduação (Pós Graduação em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

FUNDAÇÃO CULTURAL DE CURITIBA - Espaços Culturais. Disponível em: <https://bit.ly/3onWfH1> Acesso em: 27 set. 2021.

CURITIBA (PARANÁ). Lei de Zoneamento nº 2015511, de 2019 - Mapa da Zona Histórica de Curitiba. Disponível em: <https://bit.ly/3pqgdjK>

IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional). Carta de Veneza. Maio de 1964. Disponível em: <https://bit.ly/3puXzXQ>

IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional). Carta de Atenas. Outubro de 1931. Disponível em: <https://bit.ly/3DqgcBt>

D'ANGELIS, T.S.R; NASCENTES, M.C.C. O Setor Histórico de Curitiba na construção da imagem da “cidade modelo” de Curitiba. XVII ENANPUR, São Paulo. 2017. Disponível em: <https://bit.ly/3rxn7q9>

CURITIBA ANTIGA – Fotos Antigas e História do Bairro São Francisco. Disponível em: <https://bit.ly/3lzKzzl>. Acesso em: outubro de 2021.

**Caminhos Históricos de Curitiba** – A Estrada do Assungui. Disponível em: <https://bit.ly/3GdZ2sC> . Acesso em: 2021.

FUNDAÇÃO CULTURAL DE CURITIBA – Casa Hoffmann (Centro de Estudos do Movimento) . Disponível em: <https://bit.ly/3DvzNQQ>. Acesso em: novembro de 2021.

GOOGLE STREET VIEW – GALAXIA. Disponível em: <https://bit.ly/31sNEKC>. Acesso em: dezembro de 2021.

QA STACK – Sistemas de Informação Geográfica. Disponível em: <https://bit.ly/3pFS3BZ> . Acesso em: dezembro de 2021.

GOVERNO DO PARANÁ. Aspirais do Tempo: Bens Tombados do Paraná. Paraná, Curitiba, 2006. Disponível em: <https://bit.ly/3Gt0szC> . Acesso em: novembro de 2021.

## APÊNDICE I – FACHADAS

As fachadas resultantes da nuvem de pontos estão disponíveis neste capítulo.

FIGURA 45 - FACHADA IGREJA DA ORDEM DE SÃO FRANCISCO DE CHAGAS, VISTA LARGO



19,3 m

FONTE: Autora (2021)

FIGURA 46 - IGREJA DA ORDEM DE SÃO FRANCISCO DE CHAGAS, VISTA MATEUS LEME



34,5 m

FONTE: Autora (2021)

FIGURA 47 - CENTRO DA IGREJA DA ORDEM DE SÃO FRANCISCO DE CHAGAS



6,74 m

FONTE: Autora (2021)

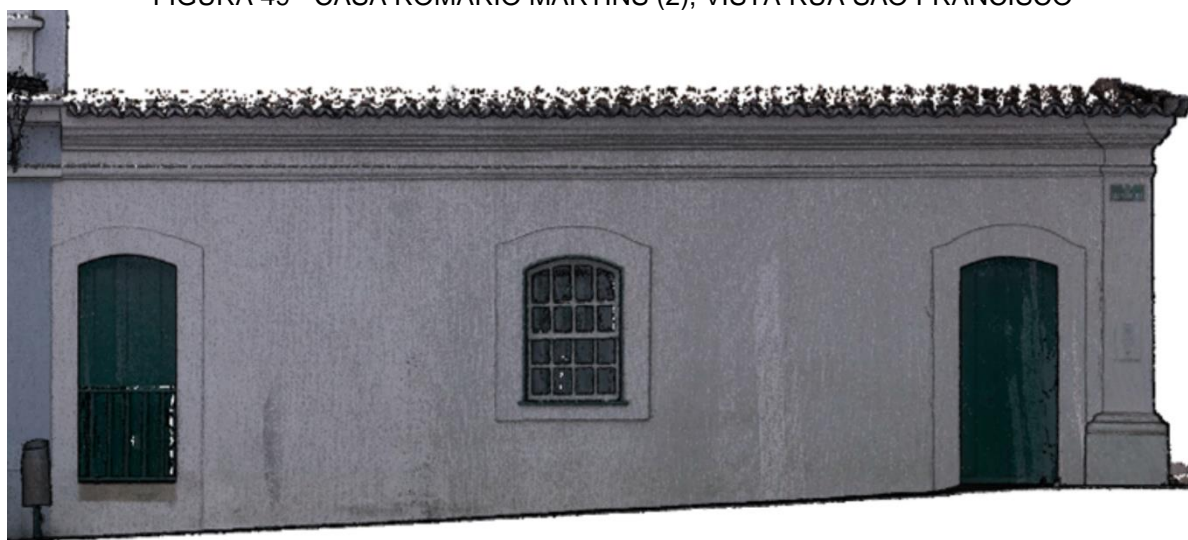
FIGURA 48 - CASA ROMÁRIO MARTINS (1) E CASA DO POETA, VISTA LARGO



15,4 m

FONTE: Autora (2021)

FIGURA 49 - CASA ROMÁRIO MARTINS (2), VISTA RUA SÃO FRANCISCO



13,8 m

FONTE: Autora (2021)

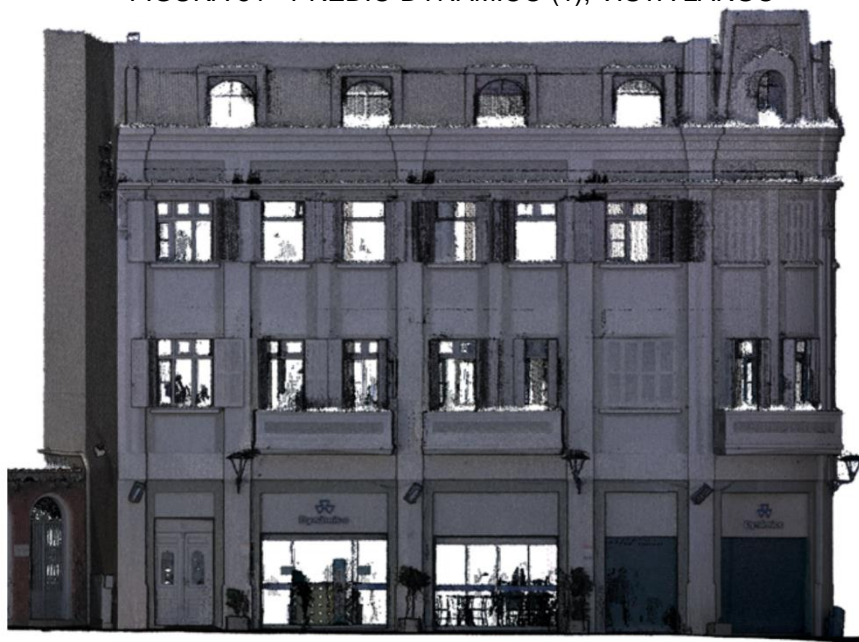
FIGURA 50 - FACHADA RUA SÃO FRANCISCO, VISTA SÃO FRANCISCO



20,4 m

FONTE: Autora (2021)

FIGURA 51 - PRÉDIO DYNÂMICO (1), VISTA LARGO



21,3 m

FONTE: Autora (2021)

FIGURA 52 - PRÉDIO DYNÂMICO (2), VISTA RUA JOSÉ BONIFÁCIO



19,8 m

FONTE: Autora (2021)

FIGURA 53 - CASA JOÃO TURIN, VISTA MATEUS LEME



16,2 m

FONTE: Autora (2021)

FIGURA 54 - LICEU DE OFÍCIOS CRIATIVOS, VISTA MATEUS LEME



11,1 m

FONTE: Autora (2021)

FIGURA 55 - CASA ESQUINA, VISTA MATEUS LEME



11,1 m

FONTE: Autora (2021)

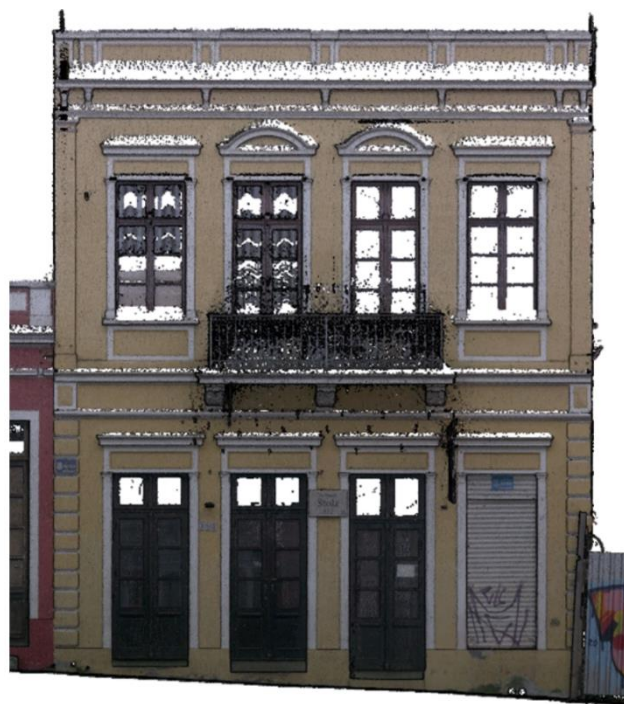
FIGURA 56 - CASA ESQUINA, VISTA SÃO FRANCISCO



21,6 m

FONTE: Autora (2021)

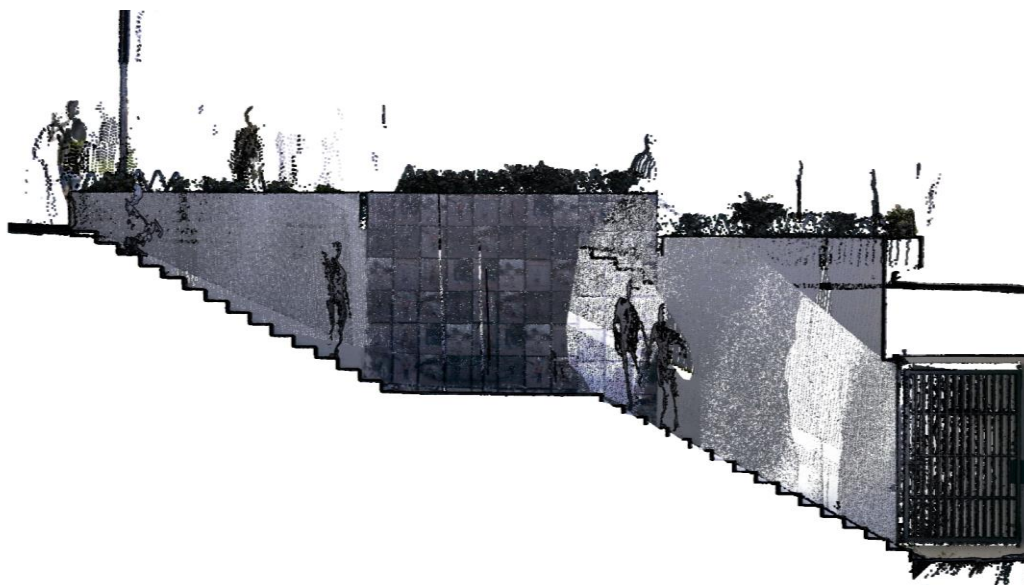
FIGURA 57 - SOBRADO STOLZ, VISTA SÃO FRANCISCO



15,3 m

FONTE: Autora (2021)

FIGURA 58 - VISTA EM PERFIL DA ESCADA COM LIGAÇÃO AO TÚNEL



FONTE: Autora (2021)

FIGURA 59 - FACHADAS LARGO, VISTA RUA JOSÉ BONIFÁCIO



13,2 m

FONTE: Autora (2021)

FIGURA 60 - VISTA SUPERIOR ESCADA



11,2 m

FONTE: Autora (2021)

FIGURA 61 - CASA VERMELHA, VISTA LARGO



15,9 m

FONTE: Autora (2021)

FIGURA 62 - FACHADA CASA AMARELA, VISTA LARGO



17,4 m

FONTE: Autora (2021)

FIGURA 63 - FACHADA CASA AMARELA, VISTA DR. CLAUDINO DOS SANTOS

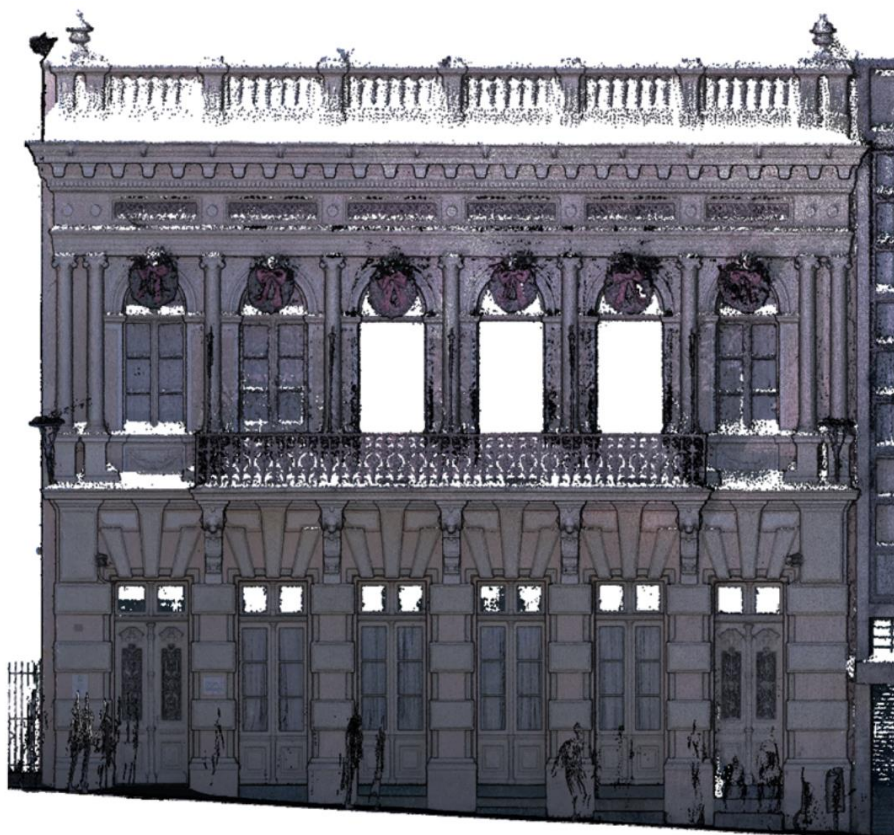


---

18,5 m

FONTE: Autora (2021)

FIGURA 64 - CASA HOFFMANN, VISTA DR. CLAUDINO DOS SANTOS

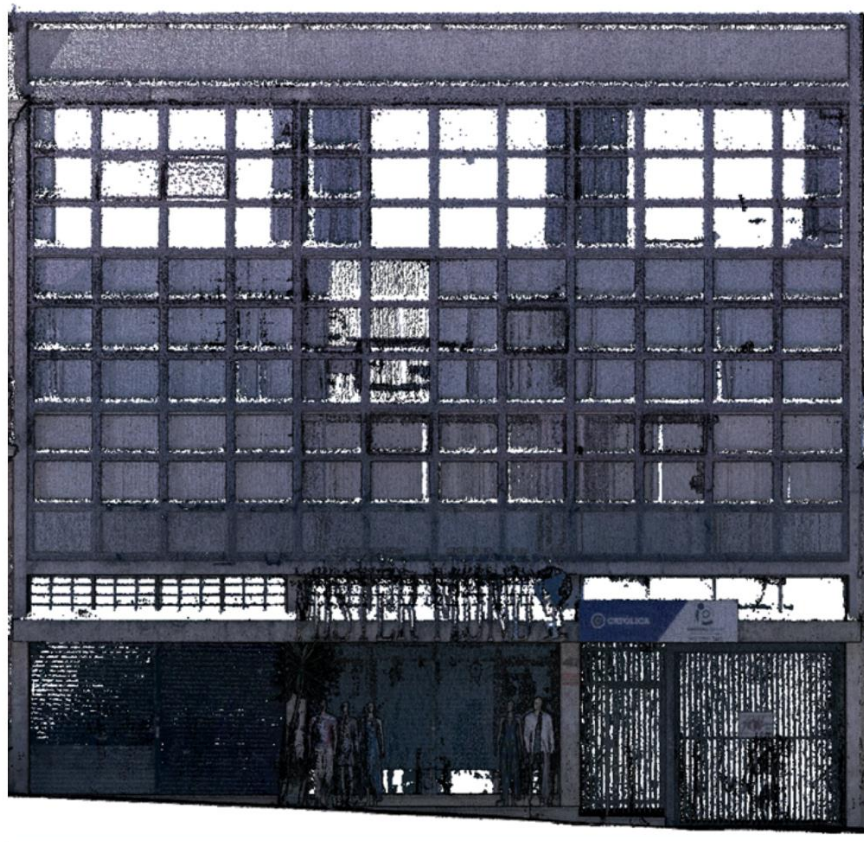


---

16,8 m

FONTE: Autora (2021)

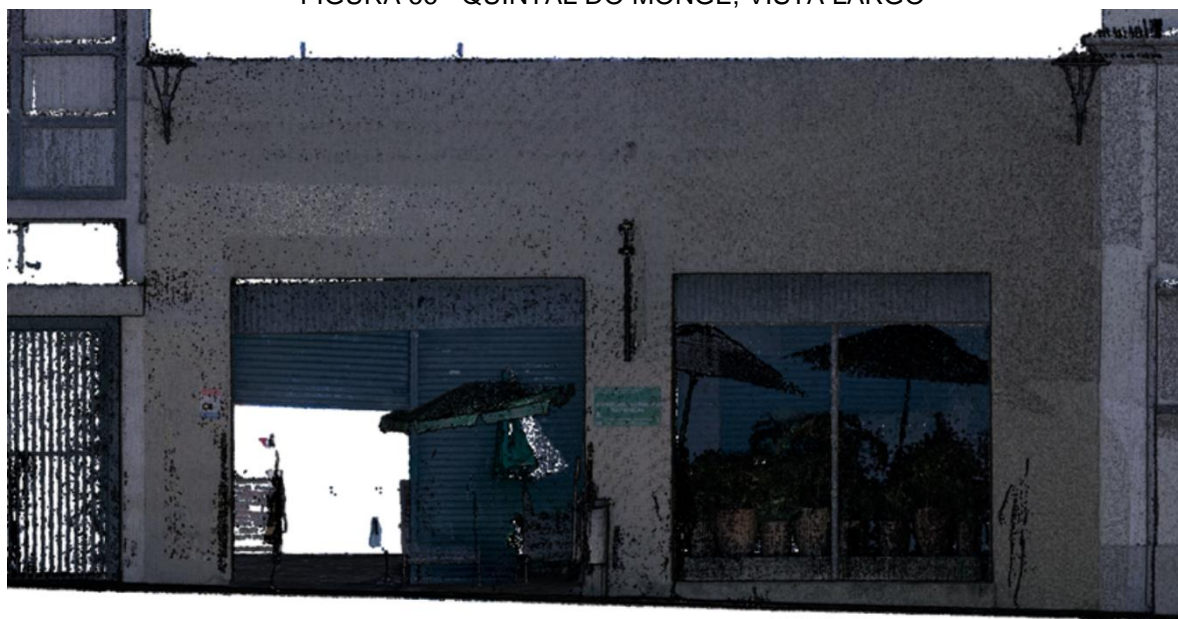
FIGURA 65 - FACHADAS LARGO, VISTA DR. CLAUDINO DOS SANTOS



10,8 m

FONTE: Autora (2021)

FIGURA 66 - QUINTAL DO MONGE, VISTA LARGO



10,8 m

FONTE: Autora (2021).