



Industrialização, Digitalização,
Desempenho

5º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da
Informação e Comunicação na Construção e 5º
Workshop de Tecnologia de Processos e Sistemas
Construtivos

FLORIANÓPOLIS-SC | 20 a 22 de agosto

1DIGITALIZAÇÃO DE EDIFICAÇÕES EXISTENTES COM LASER SCANNER: LEVANTAMENTO AS BUILT E BOAS PRÁTICAS

DIGITIZATION OF EXISTING BUILDINGS LASER SCANNER: AS-BUILT SURVEYING AND RECOMMENDED PRACTICES

Maria Eduarda Mota da Silva

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) | Florianópolis, SC |
eduardamotaslv@gmail.com

Ana Sofia Pierri

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) | Florianópolis, SC |
anasofiapierri@gmail.com

Raquel Liara Rocha Russo

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) | Florianópolis, SC |
raquellrrusso@icloud.com

Rafael Fernandes Teixeira da Silva

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) | Florianópolis, SC |
rfs2574@gmail.com

RESUMO

Esta nota técnica apresenta um fluxo de trabalho padronizado para a digitalização de edificações existentes por meio de levantamentos *as built* utilizando o escaneamento a laser terrestre. A metodologia, desenvolvida a partir da experiência prática em projetos do setor público, tem como objetivo aprimorar a precisão, a repetibilidade e a eficiência na geração de modelos digitais. O desafio central reside nas dificuldades encontradas por novos usuários durante a realização de seus primeiros levantamentos; este compilado de informações foi concebido como um guia para promover a padronização dos processos e a eficiência operacional. O fluxo de trabalho está organizado em fases bem definidas: planejamento do escaneamento, aquisição de dados em campo, registro e processamento da nuvem de pontos, e exportação para plataformas BIM. Integrando procedimentos sistemáticos e boas práticas, a abordagem proposta assegura a consistência da qualidade dos dados, a reprodutibilidade e a otimização do tempo de processamento. Além disso, o trabalho cumpre um papel educativo, facilitando o processo de aprendizado para novos profissionais da área. Os resultados confirmam a viabilidade da produção de representações digitais de alta resolução e ressaltam a importância da padronização metodológica para a melhoria dos resultados dos projetos e para a garantia de interoperabilidade entre plataformas.

Palavras-chave: padronização; fluxo de trabalho; escaneamento a laser terrestre; *as built*; nuvem de pontos.

ABSTRACT

This technical note presents a standardized workflow for the digitization of existing buildings through as-built surveys using terrestrial laser scanning. The methodology, developed from practical experience in public-sector projects, aims to enhance accuracy, repeatability, and efficiency in the generation of digital models. The central challenge lies in the difficulties encountered by new users during their initial survey efforts; this compilation of information is intended to serve as a guide for promoting process standardization and operational efficiency. The workflow is organized into well-defined phases: scan planning, field data acquisition, point cloud registration and processing, and export to BIM platforms. By integrating systematic procedures and best practices, the proposed approach ensures consistent data quality, reproducibility, and optimized processing times. Furthermore, the framework serves as an educational tool, facilitating the learning process for new practitioners in the field. The results confirm the feasibility of producing high-resolution digital representations and underscore the importance of methodological standardization for improving project outcomes and ensuring interoperability across platforms.

Keywords: standardization; workflow; terrestrial laser scanning; as-built; point cloud.

1MOTA, Maria Eduarda; PIERRI, Ana Sofia; RUSSO, Raquel Liara Rocha; SILVA, Rafael Fernandes Teixeira. DIGITALIZAÇÃO DE EDIFICAÇÕES EXISTENTES COM LASER SCANNER: LEVANTAMENTO AS BUILT E BOAS PRÁTICAS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5., 2025, Florianópolis. **Anais** [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2025.

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO

O levantamento preciso de edificações existentes é uma etapa fundamental em projetos de reforma, regularização fundiária, retrofit e gestão patrimonial. Tradicionalmente, como afirma Groetelaars (2004), esse processo é realizado por meio de medição direta ou levantamento manual — a técnica de cadastramento mais antiga, que utiliza os instrumentos mais simples de medição. São comumente empregados recursos como trenas (de aço ou fibra de vidro) para medição linear, fios de prumo (de face e de centro) para verificação da verticalidade e níveis de mangueira, de bolha (manuais) ou ópticos para garantir a horizontalidade. Silva e Santos (2015) apontam que, nesses métodos, a coleta de dados era fragmentada, e a representação gráfica, muitas vezes, dependia da habilidade do profissional em interpretar e transpor as informações para o papel. Dessa forma, os processos eram mais morosos, com menor precisão e maior suscetibilidade a retrabalhos.

Em contrapartida, tecnologias digitais mais recentes, rápidas e precisas, como o escaneamento a laser 3D (TLS – *Terrestrial Laser Scanning*), permitem a captura massiva de dados espaciais por meio de nuvens de pontos tridimensionais, representando com fidelidade a geometria de ambientes construídos (Groetelaars, 2015). De acordo com Vosselman e Maas (2010, p. 1), “*laser scanning allows for fast and accurate acquisition of 3D information about object surfaces*”, evidenciando sua capacidade de capturar detalhes com rapidez e confiabilidade. Os autores destacam ainda que, diferentemente dos métodos tradicionais de medição, o escaneamento a laser “*does not require direct contact with the object, making it suitable for capturing fragile or inaccessible structures*” (VOSSELMAN e MAAS, 2010, p. 2). Além de também capturar em ambientes escuros.

A construção civil tem incorporado, de forma crescente, tecnologias como os scanners a laser, inclusive em obras geridas pela administração pública *scanners* para aplicações como inspeções técnicas, geração de modelos “*as built*”, e suporte à modelagem BIM. O escaneamento a laser em três dimensões obtém uma nuvem de pontos das superfícies do edifício com precisão métrico-morfológica, constituindo a base para analisar as propriedades formais, geométricas, materiais, e estruturais (Kühl et al., 2021) . Além disso, o uso de *softwares* como *Autodesk Recap* para o processamento da nuvem tem tornado o fluxo mais acessível e padronizado para equipes técnicas e multidisciplinares.

Contudo, ainda hoje o escaneamento a laser é frequentemente tratado como uma tecnologia restrita a especialistas, marcada por sua aparente complexidade. Logo, muitas vezes a realidade de empresas e setores públicos é alugar e ter acesso ao equipamento por tempo limitado - como é o caso da Secretaria de Infraestrutura do Estado (SIE), que disponibiliza o scanner por meio de agendamento e locação por períodos curtos. Esta nota, no entanto, busca desmistificar essa percepção ao apresentar um fluxo de trabalho acessível e padronizado, com o objetivo de tornar as informações compreensíveis também ao público geral. A partir da sistematização de boas práticas e da identificação de erros comuns - como mau posicionamento, ausência de calibração, falhas no nivelamento, registros imprecisos ou processamento ineficiente -, pretende-se orientar os usuários na geração de uma nuvem de pontos satisfatória. Com isso, torna-se possível garantir uma base sólida e confiável para a adoção destas tecnologias, promovendo avanços em mais setores da construção civil brasileira.

1.2 OBJETIVO

O objetivo desta nota técnica é apresentar o fluxo de trabalho empregado na realização de um levantamento *as-built* de uma edificação por meio de escaneamento a laser utilizando o equipamento Leica BLK360. Busca-se divulgar boas práticas para a aquisição, registro e tratamento das nuvens de pontos com base em critérios técnicos de validação, como o erro médio e a sobreposição mínima entre cenas, e aplicar a metodologia BIM na modelagem tridimensional da edificação, utilizando os *softwares Register, Autodesk Recap, Autodesk Revit*. Além disso, pretende-se contribuir para a redução de erros técnicos em medições convencionais, possibilitando a elaboração de modelos mais rápidos, precisos e confiáveis, bem como compartilhar

conhecimentos práticos que possam auxiliar novos usuários na adoção eficiente da tecnologia de escaneamento a laser integrada ao BIM.

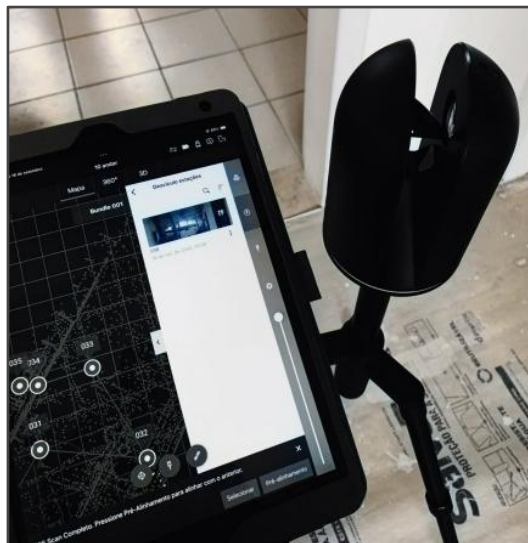
2. TÉCNICA

2.1 MÉTODO

O método adotado para a digitalização da edificação baseou-se em um fluxo de trabalho sistematizado, dividido em quatro etapas principais: planejamento do escaneamento, aquisição de dados em campo, registro e processamento da nuvem de pontos, e modelagem BIM. O processo foi desenvolvido com base na experiência prática da equipe em levantamentos realizados em ambientes institucionais, buscando assegurar precisão, repetibilidade e eficiência na geração de modelos *as-built*.

A digitalização da edificação foi realizada com o uso do escâner a laser Leica BLK360 (fig.1), dispositivo compacto de alta precisão, em conjunto com os *softwares Register, Autodesk Recap, e Autodesk Revit*. O objetivo é levantar com precisão os ambientes internos do prédio da Secretaria de Infraestrutura e Mobilidade do Estado de Santa Catarina, com área estimada de 600m² por pavimento, visando a geração de modelos digitais atualizados para fins de documentação e futuras intervenções.

Figura 1: Laser Leica BLK360, em conjunto aplicativo de suporte.



Fonte: Autor, 2024.

2.1.1 AÇÕES PRELIMINARES AO LEVANTAMENTO

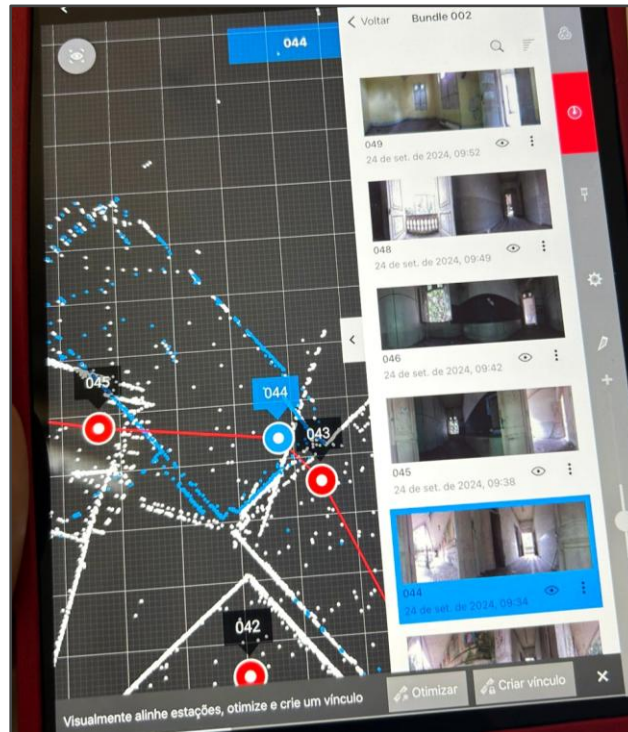
Antes do início da coleta, o equipamento foi corretamente instalado em tripé fixo, com atenção à estabilidade e a altura adequada para a captura eficiente do ambiente. O BLK360 foi pareado com o aplicativo FIELD 360, permitindo o controle remoto e a visualização em tempo real das cenas. Para cada ponto de escaneamento, foram definidos parâmetros como a densidade de nuvem de pontos, a captura de imagens em HDR (*High Dynamic Range*), otimizando a representação de ambientes com diferentes condições de iluminação, e ativação de *flash* automático quando necessário, garantindo nitidez nas áreas menos iluminadas. A captura de cenas coloridas foi empregada sempre que possível, pois, embora aumente o tempo de processamento, facilita a posterior interpretação da geometria no processo de modelagem.

A escolha dos pontos de escaneamento foi orientada por critérios de conexão visual entre os espaços, como corredores, vãos de porta, e regiões próximas a janelas. Tal critério favorece a continuidade e coerência espacial entre as cenas (fig. 2).

2.1.2 ALINHAMENTO DOS PONTOS EM CAMPO

Após cada escaneamento, o alinhamento inicial entre as cenas foi realizado diretamente no FIELD 360, por meio da seleção conjunta de dois registros com sobreposição válida. Durante a captação, o modo 3D do aplicativo foi utilizado constantemente para validar o posicionamento das cenas em tempo real (fig. 3), permitindo identificar falhas, ajustar ângulos, e garantir uma construção espacial contínua da nuvem de pontos.

Figura 2: Ajuste da coerência entre cenas.



Fonte: Autor, 2024.

Ainda assim, pode-se encontrar erros ou má posicionamentos das nuvens entre si que necessitam de ajuste posterior.

Figura 3: Ajuste da coerência entre cenas



Fonte: Autor, 2024.

Como maneira de mitigar esta problemática, foi utilizado o *software* *Leica Register 360* para o registro, verificação e ajuste da nuvem de pontos — agora computador.

2.1.3 CORRESPONDÊNCIA ESPACIAL ENTRE ESCANEAMENTOS

O *Register 360* é uma plataforma especializada para o alinhamento de múltiplos escaneamentos oriundos de dispositivos TLS, especialmente eficaz em projetos com grande volume de dados e múltiplos pontos de captura. O processo de registro teve início com a importação dos dados capturados pelo BLK360, organizados previamente em cenas. O *software* aplicou algoritmos de detecção automática de correspondência espacial entre os escaneamentos, estabelecendo vínculos baseados em geometrias sobrepostas.

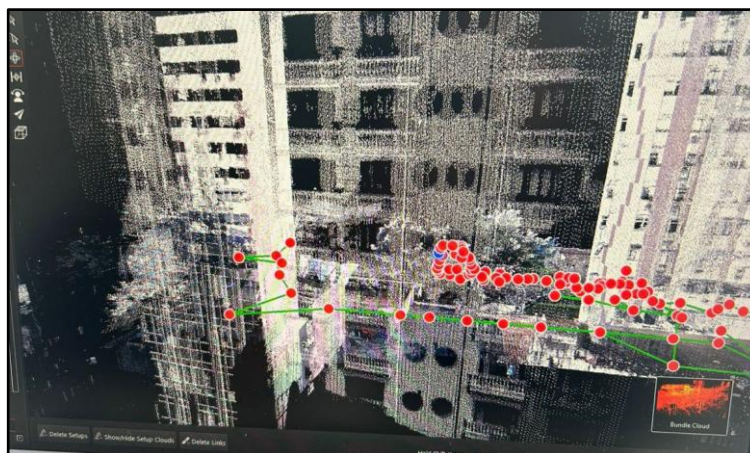
Apesar da automação, o processo exige revisão criteriosa, especialmente em ambientes com geometrias repetitivas ou baixos níveis de textura, que podem gerar alinhamentos imprecisos. Quando necessário, nos casos em que o aplicativo não captou de forma correta os eixos horizontais ou verticais de cada ponto, foi realizado o ajuste manual da correspondência entre pares de cenas, utilizando como base referências espaciais visuais em comum. A validação da qualidade do registro foi realizada por meio de métricas fornecidas pelo próprio *software*, como erro absoluto médio, percentual de sobreposição entre as nuvens e histograma de resíduos. Para garantir a integridade do modelo consolidado, adotou-se como critério de qualidade a presença de pelo menos 80% de sobreposição entre as cenas conectadas, assegurando continuidade entre os conjuntos e minimizando falhas de alinhamento.

2.1.3.1 CORREÇÃO MANUAL DE SOBREPOSIÇÃO DE CENAS

Durante o processo de registro de capturas de nuvens de pontos provenientes de múltiplas posições, é comum que ocorram imprecisões na sobreposição automática das cenas, sobretudo quando os dados são capturados a partir de diversos ângulos e em ambientes com baixa redundância geométrica. Nessas situações, é necessária a aplicação de correções manuais de alinhamento para garantir a continuidade espacial e a qualidade métrica do modelo tridimensional.

Para iniciar a correção, selecionam-se dois pontos que apresentam desvio de alinhamento. O *software* exibirá ambas as cenas com colorações distintas, em laranja e azul, facilitando a visualização dos desvios ainda desorganizados. Neste ponto, é recomendável utilizar ferramentas de *zoom* e navegação para identificar regiões com contornos bem definidos, como arestas pontiagudas, vértices, colunas ou elementos construtivos singulares, com características únicas, que possam servir como referências comuns entre as cenas.

Figura 4: Navegação no *Software Register*.



Fonte: Autor, 2024.

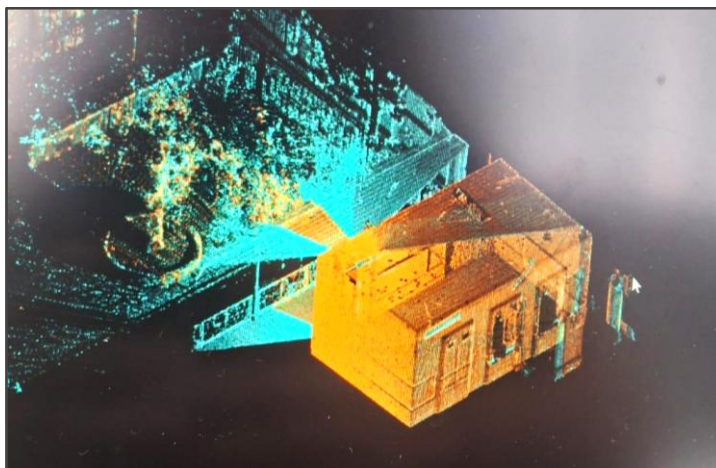
Um dos principais fatores que compromete o alinhamento é a orientação espacial incorreta das nuvens, causada por rotações relativas durante a aquisição. Para corrigir esse problema, é necessário realizar a rotação manual das cenas até que estejam orientadas na mesma direção da cena de referência. Uma vez corrigida a rotação, deve-se prosseguir com o ajuste fino da sobreposição lateral, movimentando as nuvens de modo que fiquem perfeitamente alinhadas uma sobre a outra.

Após o posicionamento adequado, em “*Join and Optimize*”, se exibirem os resultados do registro. Nela, serão apresentadas informações como o erro absoluto médio entre as nuvens registradas, a porcentagem de sobreposição geométrica entre as cenas, e o histograma residual, indicando a distribuição dos desvios. O sucesso do alinhamento é visualmente indicado por uma linha de conexão entre as cenas, cuja cor representa a qualidade do vínculo estabelecido:

- Linhas Vermelhas: indica um erro no alinhamento; vínculos como esses devem ser eliminados.
- Linhas Amarelas: indicam um alinhamento instável ou incompleto; a junção pode ser melhorada, recomenda-se revisão.
- Linhas Azuis: mostram que o *software* reconheceu as junções realizadas, mas pode haver margem para melhorias.
- Linhas Verdes: indicam um alinhamento bem-sucedido, apto para consolidação final.

Durante a fase de verificação, é fundamental eliminar ou reajustar os vínculos vermelhos e amarelos, garantindo que apenas conexões azuis e verdes sejam mantidas na estrutura final da nuvem de pontos. Esse processo iterativo de correção manual contribui significativamente para a precisão global do modelo e evita deformações ou artefatos que possam comprometer etapas posteriores de modelagem ou análise.

Figura 5: Modo 3D alinhado corretamente.



Fonte: autor, 2024.

Ao final, pode-se acessar informações detalhadas sobre o processo realizado ao gerar um relatório elaborado pelo próprio aplicativo.

2.1.3.2 RELATÓRIO DE QUALIDADE

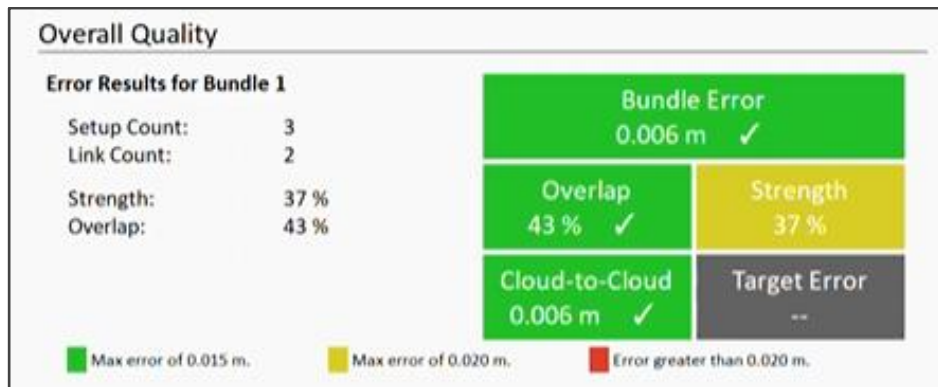
Após os ajustes de alinhamento e sobreposição, o software gera um relatório de erros e qualidade “*Bundle Error*”, indicando a quantidade de falhas nas cenas ajustadas.

- *Strength*: Avalia a intensidade do alinhamento entre cenas;
- *Cloud-to-Cloud*: Indica o número de tentativas de ajuste automático e o aumento na densidade de pontos;

- **Target Error:** Expõe o desvio de precisão nos pontos de referência.

As páginas subsequentes detalham todas as cenas processadas, seus vínculos e as taxas de sobreposição e erro. Esse relatório é fundamental para documentar a qualidade do levantamento e identificar pontos que possam necessitar de ajustes adicionais.

Figura 6: Exemplo de um relatório de qualidade



Fonte: Autor, 2024.

2.1.4 EXPORTAÇÃO PARA SOFTWARES DE EDIÇÃO

Finalmente validado através do relatório, a nuvem de pontos está pronta para exportação para outros *softwares* de edição. O *software* permite exportar a nuvem em diferentes formatos, como:

- E57: Formato aberto e versátil, usado para exportar nuvens de pontos e imagens 3D, compatível com vários softwares de modelagem, como *Autodesk Recap*, *Bentley Pointools*, e outros programas de engenharia e arquitetura. Ideal para compartilhamento de dados entre diferentes plataformas.
- RCP: Formato proprietário da *Autodesk*, organiza dados de nuvem de pontos em um projeto que gerencia vários arquivos vinculados. Usado para integrar dados em *softwares* como *AutoCAD*, *Revit* e *3ds Max*.
- .raf: Formato de arquivamento do *Leica Register 360* que salva o projeto completo, incluindo dados, alinhamentos e configurações. Criado ao clicar em "Arquivar" e usado para backup e transferência segura dentro do próprio *software* Leica.

2.1.5 INTRODUZINDO À SOFTWARES DE EDIÇÃO

Para o processo de limpeza de pontos, foi utilizado o *software Autodesk ReCap*. Esse programa permite identificar e remover ruídos e dados irrelevantes na nuvem de pontos, melhorando a qualidade para posterior modelagem. Através de ferramentas de seleção e filtragem, o *ReCap* possibilita um refinamento detalhado da nuvem, garantindo que apenas as informações essenciais sejam mantidas, otimizando a precisão das medições e o desempenho no uso desses dados em outras plataformas de modelagem.

Devido a precisão do laser scanner, uma grande quantidade de pontos são coletados, fazendo com que a nuvem se torne muito densa, dificultando assim a utilização do *software*. Pensando nisso, a limpeza possibilita a redução de itens indesejados ou secundários, permitindo um projeto com menor consumo de memória, e conseqüentemente melhor aproveitamento em termos de velocidade e carregamento.

Antes de excluir os objetos, é imprescindível lembrar que alguns podem ter pontos em comum com o cenário ao redor (como carros sobre a rua), o que pode levar à remoção de áreas equivocadamente. Para evitar isso, utilizamos o recurso Caixa de Seleção – acessada no centro da parte inferior da tela – para delimitar esses pontos. Ajustando assim, a caixa ao redor da região para refinar a seleção. Com os objetos corretamente delimitados, é possível deletar somente o que desejáveis.

2.1.5.1 PROBLEMAS COMUNS E POSSÍVEIS SOLUÇÕES EM LIMPEZA DE NUVEM

- Ruído excessivo: a presença de pontos indesejados no projeto, como pessoas, carros ou árvores, pode ser resolvida com uma limpeza básica da nuvem.
- Sobreposição de dados: em levantamentos com múltiplos pontos próximos ou em pavimentos sobrepostos, podem surgir incoerências entre o scanner e a realidade. Como maneira de corrigir, é preciso voltar ao passo
- Inconsistência de cores: nas nuvens de pontos coloridos, a variação de cores pode ocorrer devido a mudanças na iluminação. A solução ideal é uma nova captura, com o laser em um ambiente de claridade controlada.
- Fusão de objetos próximos: ao lidar com pontos excessivamente próximos, a exclusão seletiva pode ser desafiadora. Use a Caixa de Seleção para envolver os objetos e manipule-a cuidadosamente para separar os pontos que deseja excluir, facilitando a remoção precisa dos elementos desnecessários.

2.1.6 MODELAGEM

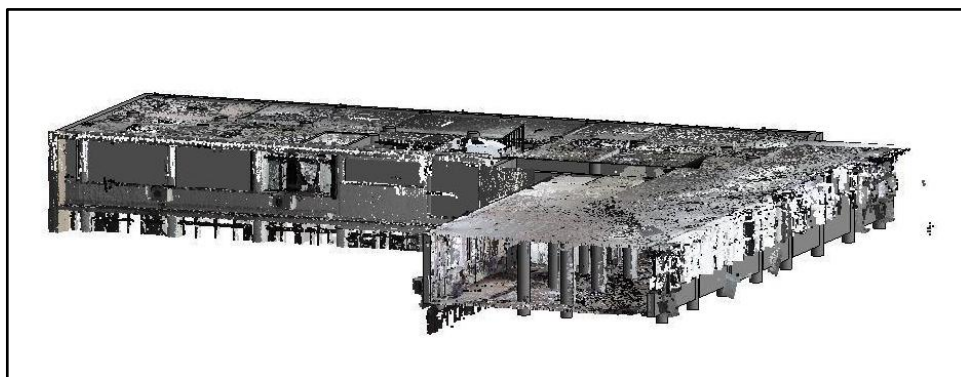
A etapa final do processo consistiu na modelagem tridimensional da edificação a partir da nuvem de pontos gerada pelo escaneamento tridimensional (Fig. 7). Para essa fase, utilizou-se o *software Autodesk Revit*, amplamente reconhecido no contexto da Modelagem da Informação da Construção (BIM). A nuvem de pontos, previamente segmentada e limpa, foi importada para o software com os recortes desejados, organizando-se a visualização por níveis e plantas, de acordo com a lógica estrutural da edificação.

A modelagem foi realizada com a nuvem de pontos como base de referência, respeitando os planos horizontais e verticais evidentes no levantamento. Foram utilizadas vistas em corte e seções transversais para auxiliar na leitura e interpretação dos dados espaciais. Elementos arquitetônicos, como paredes, pisos, forros, aberturas e coberturas, foram modelados com base nas dimensões reais capturadas, assegurando a fidelidade geométrica ao ambiente existente.

O procedimento seguiu os seguintes passos:

1. Importação da nuvem de pontos segmentada e recortada para o *Revit*;
2. Criação de cortes estratégicos que possibilitem a visualização de todos os níveis a serem modelados;
3. Abertura das vistas de corte;
4. Utilização da ferramenta "Nível" para a criação dos níveis necessários à modelagem;
5. Geração das vistas em planta correspondentes aos níveis definidos, por meio da aba "Vistas".

Figura 7: Modo 3D do aplicativo



Fonte: Autor, 2024.

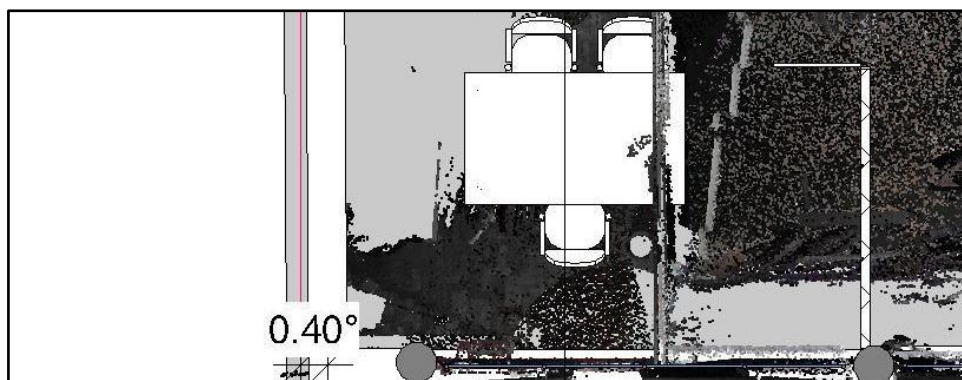
2.1.6.1 PROBLEMAS COMUNS E POSSÍVEIS SOLUÇÕES EM MODELAGEM

Durante o processo de modelagem a partir da nuvem de pontos, recomenda-se adotar uma ordem lógica que se adeque à complexidade e à natureza do projeto. A sequência mais comum e eficiente envolve a modelagem inicial dos pisos, seguida pelas paredes, aberturas e, por fim, coberturas.

É importante destacar que, por se tratar de uma edificação existente, é frequente a identificação de elementos como paredes, lajes e forros que não se apresentam perfeitamente alinhados e nivelados. Diante disso, torna-se essencial discernir entre o que deve ser representado fielmente conforme a nuvem de pontos e o que pode ser ajustado para viabilizar e otimizar o processo de modelagem.

Por exemplo, no caso de paredes que, além de fora de prumo, não formam ângulos retos entre si, optou-se pela representação precisa da geometria observada, preservando os ângulos reais mesmo que isso resulte em certo desalinhamento visual no modelo tridimensional. Essa decisão visa garantir a fidelidade do modelo em relação à construção existente.

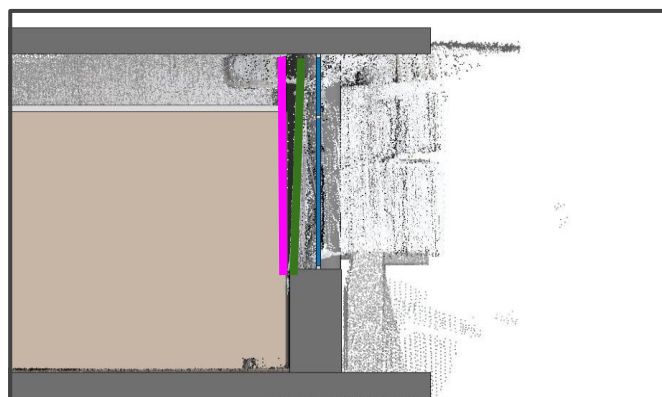
Figura 8: Modelagem 3D de parede fora do esquadro.



Fonte: Autor, 2024.

Entretanto, quando as paredes apresentam apenas desvios verticais de prumo, mas tais irregularidades não impactam significativamente o entendimento ou o desempenho do projeto, considera-se adequado modelá-las como elementos verticais retos (fig. 9), sem ajustes adicionais. Essa abordagem busca equilibrar a precisão geométrica com a praticidade na elaboração do modelo.

Figura 9: Modelagem 3D onde decidimos manter a parede no prumo, pois não afetaria o objetivo final do projeto, mesmo com realidade fora do prumo.



Fonte: Autor, 2024.

3 RESULTADOS

A aplicação do fluxo de trabalho proposto resultou na obtenção de um modelo digital tridimensional do edifício da Secretaria de Infraestrutura e Mobilidade do Estado de Santa Catarina. A área digitalizada compreendeu aproximadamente 600 m² por pavimento, com cobertura integral dos ambientes internos e alto nível de detalhamento geométrico.

O relatório detalhou o desempenho do ajuste entre cenas, a densidade da nuvem e a sobreposição entre capturas, informações fundamentais para validar a confiabilidade dos dados. Posteriormente, a nuvem de pontos foi exportada para diferentes formatos compatíveis com softwares de edição, destacando-se os formatos E57, RCP e .raf, que garantiram a operabilidade em diversas plataformas, incluindo *Autodesk ReCap* e *Revit*. A escolha desses formatos foi estratégica, uma vez que permitiu tanto a edição quanto o arquivamento seguro do projeto em ambientes especializados.

No *Autodesk ReCap*, realizou-se a etapa de limpeza da nuvem, com foco na remoção de ruídos, objetos irrelevantes e dados redundantes. Esta etapa foi essencial para mitigar os impactos da alta densidade de pontos e otimizar o desempenho do modelo em processos subsequentes.

A fase de modelagem tridimensional, realizada no *Autodesk Revit*, utilizou a nuvem de pontos segmentada como base referencial. Cortes estratégicos, definição de níveis e geração das respectivas vistas em planta, garantiram a aderência do modelo à lógica estrutural da edificação. Elementos arquitetônicos como paredes, pisos e coberturas foram inseridos com base na necessidade do projeto, levando em consideração dimensões reais capturadas, mas também visando o uso final do modelo.

4 DISCUSSÕES

Com os avanços tecnológicos, destacam-se a varredura a laser (*Laser Scanner*) e a modelagem da informação da construção (BIM), que trouxeram transformações significativas para esse cenário. Como demonstrado nos resultados obtidos, a nuvem de pontos gerada pode apresentar alta densidade e precisão, desde que o processo seja padronizado e conduzido de forma estruturada - o que pode ser observado na Figura 6. Esses parâmetros garantiram uma representação geométrica detalhada do ambiente construído, incluindo elementos arquitetônicos de pequena escala, caracterizando a nuvem como uma base rica em informações e altamente adequada à modelagem BIM.

Entretanto, essa riqueza de informações também impõe desafios metodológicos e computacionais. O volume elevado de dados exige etapas de filtragem e segmentação para viabilizar a usabilidade e o desempenho dos modelos dentro de ambientes BIM. Nesse sentido, a interoperabilidade entre plataformas desempenha papel crucial. A exportação da nuvem de pontos em múltiplos formatos (como E57, RCP e .raf) favorece a compatibilidade com diferentes ferramentas de edição e modelagem. Esse conjunto de decisões técnicas demonstra como a integração entre diferentes formatos e plataformas, aliada a um processamento criterioso da nuvem de pontos, não apenas assegura a fidelidade geométrica do modelo, mas também amplia sua aplicabilidade prática dentro do fluxo BIM.

Além disso, a modelagem permite decisões estratégicas quanto ao nível de detalhamento necessário para cada aplicação. É possível optar por representar fielmente os desalinhamentos e deformações existentes - quando pertinentes ao objetivo do projeto - ou corrigi-los digitalmente para fins de simplificação. Essa flexibilidade é particularmente relevante em usos avançados da modelagem, como nas dimensões 4D (planejamento) e 5D (orçamentação), em que a precisão geométrica e quantitativa interfere diretamente na confiabilidade das simulações e no embasamento técnico das tomadas de decisão.

A experiência reforça a importância de se estabelecer um processo bem definido desde as etapas iniciais, o que inclui critérios claros de captura, organização e interpretação da nuvem de pontos. Essa definição prévia é fundamental para reduzir erros, evitar retrabalhos e garantir que o esforço de modelagem seja direcionado apenas aos elementos realmente relevantes para os objetivos do projeto. Ademais, o planejamento adequado permite maior controle sobre o nível de detalhamento necessário e sobre a forma mais eficiente de representar os elementos, evitando desperdício de tempo com a modelagem de componentes irrelevantes ou ajustes complexos de vínculos e geometrias que poderiam ter sido evitados. Dessa forma, o processo torna-se mais ágil, preciso e alinhado às demandas específicas de documentação e análise do espaço existente.

5 CONCLUSÃO

A experiência prática em um edifício público evidenciou a aplicabilidade da técnica de escaneamento a laser em projetos reais. A padronização do processo e a elaboração de um manual interno facilitaram a capacitação de equipes sem experiência prévia, ampliando a autonomia institucional e demonstrando o potencial de replicação da metodologia. Ao superar limitações dos métodos tradicionais e fornecer uma base geométrica precisa e confiável, a técnica contribui de forma significativa para a qualificação da documentação técnica, a redução de retrabalho e o aumento da produtividade em projetos de reforma, manutenção e regularização. Assim, a integração do escaneamento a laser com a modelagem BIM representa um avanço relevante e aplicável, desde que respaldada por um fluxo de trabalho bem estruturado e previamente planejado - especialmente em contextos que visam a modernização e a eficiência de seus processos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao nosso gestor Rafael Teixeira Fernandes pelo incentivo constante e pela confiança no desenvolvimento deste trabalho. À Secretaria de Estado da Infraestrutura (SIE), pelo apoio institucional fundamental para a realização desta pesquisa. Estendemos também nossa gratidão a toda a equipe técnica, sempre disposta a colaborar, compartilhar conhecimentos e contribuir para a qualidade do processo.

REFERÊNCIAS

BORMANN, A.; KONIG, M.; KOCH, C.; BEETZ, J. *Building Information Modeling: Technology Foundations and Industry Practice*. Springer, 2018. Acesso em: 03 abr. 2025.

CHECCUCCI, E. S.; AMORIM, A. L. Tecnologias computacionais de auxílio ao projeto de edificações: potencialidades versus dificuldades de implantação. In: **CONGRESSO DA SOCIEDADE IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL**, 12., 2008, Havana, Cuba. *Anais...* Havana: CUJAE, 2008. 1 CD-ROM.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers*. 3. ed. Wiley, 2018. Acesso em: 03 abr. 2025.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (Org.). *Métodos de pesquisa*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. Acesso em: 04 abr. 2025.

GROETELAARS, N. J. Criação de modelos BIM a partir de "nuvens de pontos": estudo de métodos e técnicas para documentação arquitetônica. Salvador, 2015. Disponível em:

https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/20220/1/T_Natalie%20Groetelaars.pdf. Acesso em: 2 abr. 2025.

KÜHL, B. M. et al. Escaneamento a laser em três dimensões e métodos de levantamento integrados: reflexão crítica a partir da cooperação FAU USP-DIAPReM. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v. 16, n. 3, p. 23-39, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/gtp.v16i3.174457>. Acesso em: 2 abr. 2025.

LEICA GEOSYSTEMS. Laser Scanner móvel ou terrestre: Qual escolher? 2020. Disponível em: <https://leica-geosystems.com/pt-br/about-us/news-room/news-overview/2020/03/laser-scanning-movel-ou-terrestre>. Acesso em: 18 out. 2024.

MUNDO AEC – AUTODESK. ReCap Photo – Criação da Modelo 3D a partir de fotogrametria. Disponível em: <https://blogs.autodesk.com/mundoaec/recap-photo-criacao-de-modelo/>. Acesso em: 3 abr. 2025.

OLIVEIRA, R. F. *Topografia aplicada à engenharia civil*. São Paulo: Atlas, 2012. Acesso em: 3 abr. 2025.

POPPER, K. *A lógica da pesquisa científica*. São Paulo: Cultrix, 1972. Acesso em: 3 abr. 2025.

POPPER, K. *Conjecturas e refutações*. 2. ed. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1975. Acesso em: 3 abr. 2025.

SILVA, M. A.; SANTOS, J. P. *Geomensura e levantamento topográfico*. 2. ed. Rio de Janeiro, 2015. Acesso em: 2 abr. 2025.

VOSSelman, G.; MAAS, H.-G. (Org.). *Airborne and terrestrial laser scanning*. 2. ed. Dunbeath: Whittles Publishing, 2010. Acesso em: 2 abr. 2025.