



INTEGRAÇÃO DO ESCANEAMENTO LASER COM O BIM PARA AGILIDADE DA ETIQUETAGEM DE EDIFICAÇÕES EXISTENTES

INTEGRATION OF LASER SCANNING WITH BIM FOR AGILITY IN LABELING EXISTING BUILDINGS

BERTOLDI, Natália Dâmaso¹,
SILVA, Antônio Cesar Silveira Baptista da²,
DALLA VECCHIA, Luisa Rodrigues Félix³

Resumo

O escaneamento laser para levantamentos de edificações existentes promete grande agilidade na parte inicial de uma inspeção. Este estudo investiga a otimização do processo de etiquetagem de eficiência energética por meio do uso da tecnologia, com foco no levantamento e na conversão eficaz de dados obtidos por meio de sensor Light Detection and Ranging (LiDAR) em modelos de Modelagem de Informação da Construção (BIM). A revisão bibliográfica destaca a importância do BIM na avaliação da eficiência energética e ressalta o potencial do LiDAR para capturar dados tridimensionais precisos. Os testes realizados avaliaram aplicativos de escaneamento com suporte para LiDAR, evidenciando o potencial do modo "Room" para a geração de modelos simplificados, adequados à análise energética no contexto BIM. Os resultados mostram que, embora os modelos importados apresentem algumas disparidades, há possibilidades de integração com o ambiente BIM, mesmo que limitadas. Os próximos passos incluem a exploração de técnicas de reconhecimento de elementos utilizando o Dynamo, visando aprimorar a interoperabilidade entre os modelos e o ambiente BIM. Este estudo contribui para a compreensão e implementação de técnicas avançadas de levantamento e modelagem digital, buscando facilitar a obtenção de certificações de eficiência energética e promover práticas sustentáveis na construção civil.

Palavras-chave: Escaneamento Laser; LiDAR; BIM; Inspeção; Eficiência Energética.

Abstract

Laser scanning for surveys of existing buildings promises great agility in the initial part of an inspection. This study investigates the optimization of the energy efficiency labeling process through the use of technology, focusing on the effective survey and conversion of data obtained through Light Detection and Ranging (LiDAR) sensors into Building Information Modelling (BIM) models. The literature review highlights the importance of BIM in assessing energy efficiency and highlights the potential of LiDAR to capture accurate three-dimensional data. The tests carried out evaluated scanning applications with LiDAR support, highlighting the potential of the "Room" mode for generating

¹ Universidade Federal de Pelotas, ndbertoldi@gmail.com

² Universidade Federal de Pelotas, antoniocesar.sbs@gmail.com

³ Universidade Federal de Pelotas, luisafelixd@gmail.com

simplified models, suitable for energy analysis in the BIM context. The results show that, although the imported models present some disparities, there are possibilities for integration with the BIM environment, although limited. The next steps include exploring element recognition techniques using Dynamo, improving interoperability between models and the BIM environment. This study contributes to the understanding and improvement of advanced surveying and digital modeling techniques, seeking to facilitate the obtaining of energy efficiency certifications and the promotion of sustainable practices in civil construction.

Keywords: Laser Scanning; LiDAR; BIM; Inspection; Energy Efficiency.

1 Introdução

O escaneamento a laser tem se destacado no levantamento de edificações, prometendo eficiência e precisão. Este estudo investiga a otimização da etiquetagem de eficiência energética, com foco na conversão eficaz de dados obtidos por meio de sensor Light Detection and Ranging (LiDAR) em Modelagem de Informação da Construção (BIM).

A Etiquetagem Nacional de Conservação de Energia (ENCE) desempenha um papel crucial na promoção de práticas sustentáveis e na redução dos impactos ambientais do consumo de energia. Ao avaliar e classificar a eficiência energética dos edifícios, essa inspeção fornece não apenas informações essenciais para os proprietários e gestores, mas também aumenta a conscientização sobre a importância da eficiência energética. A variedade de métodos de avaliação, incluindo certificados internacionais como o LEED, o BREEAM e outros, destaca a diversidade de abordagens adotadas globalmente para promover a eficiência energética nas construções. No Brasil, o Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edifícios (PBE-Edifica) têm sido fundamental nesse contexto, estabelecendo critérios de eficiência energética e classificando edifícios com base em seu desempenho energético.

No entanto, o processo de etiquetagem enfrenta desafios, especialmente no que diz respeito à compulsoriedade e à agilidade das inspeções. A transição para a Instrução Normativa do Inmetro para edificações comerciais (INI-C) e para edificações residenciais (INI-R) tornou o processo muito mais preciso, mas, por outro lado, mais complexo e moroso, estimulando o uso de novas tecnologias. Com este objetivo, o novo Regulamento introduz uma abordagem mais flexível, não obrigando o uso de trenas manuais e/ou eletrônicas, o que possibilita o uso de tecnologias mais avançadas, como scanners a laser, para tornar o processo de inspeção *in loco* mais rápido e preciso.

A ENCE definitiva só é obtida após inspeção *in loco* do edifício construído, na qual uma série de parâmetros são comparados com o projeto previamente etiquetado. Entretanto, o processo de levantamento de forma tradicional é trabalhoso e demorado.

Outra questão relevante, refere-se a etiquetagem de edificações existentes que não possuem projeto previamente etiquetado. O levantamento arquitetônico de edificações existentes é uma etapa essencial para permitir a Etiquetagem de Eficiência Energética dessas edificações.

Em ambas as situações, o uso de escaneamento a laser apresenta um grande potencial ampliar a agilidade no processo, que pode facilitar a compulsoriedade da ENCE. Além disso, a integração de tal levantamento com ferramentas BIM permitiria maior agilidade em todo no processo de etiquetagem, possibilitando maior inserção na indústria da construção civil.

O objetivo deste estudo se insere em uma pesquisa mais ampla, focada em agilizar e aprimorar o processo de etiquetagem de eficiência energética em edificações. Em particular, este estudo visa investigar formas de otimizar o processo de levantamento utilizando o LiDAR, visando à sua conversão eficaz em modelos BIM. Este estudo oferece uma contribuição significativa para a compreensão e implementação de técnicas avançadas de levantamento e modelagem digital, buscando facilitar a obtenção de certificações de eficiência energética e promover práticas sustentáveis na construção civil.

2 Revisão bibliográfica

Para que seja feita a avaliação de eficiência energética, é preciso um modelo digital da edificação que forneça informações para o Metamodelo (Método Simplificado) ou utilizadas em software de simulação computacional (Método de Simulação).

Através de softwares BIM (*Building Information Modelling*), se obtém uma construção virtual equivalente a uma edificação real, possuindo assim, informações detalhadas da composição dos materiais de cada elemento. Essas informações podem ser usadas para criar tabelas e planilhas eletrônicas que fornecem uma visão geral do edifício (Zemero, 2016). O BIM, por obter a modelagem em conjunto com as informações, pode ser aplicado na avaliação da eficiência energética da envoltória pelo método simplificado da INI-C, extraindo alguns dados de forma manual e os dados mais geométricos de forma automática (Muta et al., 2022).

Rodrigues (2022) obteve resultados de avaliação da eficiência energética de edificações a partir do método de simulação da INI-C utilizando a ferramenta System Analysis existente no Autodesk Revit. Com isso se percebe o avanço das tecnologias BIM na possibilidade de se obter uma avaliação para a ENCE, o que gera uma otimização no

processo de etiquetagem. Portanto, o uso de softwares BIM na análise de eficiência energética das edificações já demonstrou ser um caminho eficaz e promissor.

Diante desse cenário, essa pesquisa busca explorar e aprimorar os processos que precedem a análise de eficiência energética baseada em BIM. Em vez de focar diretamente na etapa de modelagem e simulação, concentra-se na fase inicial do levantamento da edificação e sua conversão para o ambiente BIM, reconhecendo que a qualidade e precisão dos dados de entrada são cruciais para a análise energética final.

O método mais convencional de levantamento ainda é a retirada de medidas com trena métrica, prancheta e rascunhos à mão, porém, além de ser muito subjetivo, trabalhoso e demorado, são necessárias pelo menos duas pessoas trabalhando juntas para agilizar as medições e a documentação (Faltýnová, 2016). A trena eletrônica entrou como grande aliada nesse método de levantamento, porém, ela não dispensa o uso da trena métrica. As duas podem ser intercaladas para agilizar o processo de medição, mas, de qualquer maneira, as anotações são feitas uma a uma em um rascunho que precisará ser passado a limpo para o meio digital posteriormente.

Com o avanço da tecnologia, hoje é possível fazer um levantamento 3D da edificação. A possibilidade de integração de um levantamento 3D com o BIM traz grandes possibilidades para a otimização do processo de etiquetagem. Os dois métodos para isso são: a Fotogrametria e o Escaneamento a Laser. As fotografias capturam detalhes em alta resolução de cor (RGB) e textura, porém carecem de informações métricas explícitas sem processamento adicional. Por outro lado, o Escaneamento a Laser trabalha diretamente com pontos 3D de objetos usando coordenadas, fornecendo detalhes geométricos e espaciais precisos, apesar de ter uma resolução limitada para informações RGB e texturais (Dezen-Kempton et al., 2015).

A tecnologia de escaneamento a laser, em 2020, foi também integrada ao iPhone 12 Pro e ao iPad Pro, da Apple, através de um sensor LiDAR. Segundo Teo e Yang (2023), que utilizaram o iPad Pro para gerar uma nuvem de pontos através do LiDAR, sua precisão quando capturado de maneira estática é na ordem de 1mm. Já quando é feita uma captura dinâmica, sua precisão é de em torno de 1cm. Sendo assim, afirmam que para uma melhor precisão, o levantamento deve ser feito em pequenas áreas, com pouco movimento do sensor. A incorporação da tecnologia de escaneamento em smartphones abre novas possibilidades em termos de acessibilidade, versatilidade e conectividade. Em contrapartida, a qualidade técnica é inferior à encontrada em dispositivos específicos de escaneamento a laser (Díaz-Vilariño et al., 2022).

Askar e Sternberg (2023) testaram a precisão da nuvem de pontos e o manuseio do usuário de quatro aplicativos (3DScanner, PolyCam, Scaniverse, e SiteScape) de escaneamento 3D pelo iPhone 13 Pro em comparação com um scanner a laser terrestre

(TLS). Dos quatro aplicativos usados, segundo os autores, o Polycam foi o que obteve menos distorções em relação ao TLS. Em relação a eficácia na obtenção de valores de desvio de até 10 cm, só a do Scaniverse não foi satisfatória, apresentando um desempenho inferior. Com exceção do SiteScape, que exigiu várias digitalizações para cobrir uma única área, os outros aplicativos destacaram-se pela capacidade de digitalizar áreas maiores sem interrupções. Apesar disso, o SiteScape manteve uma qualidade satisfatória na nuvem de pontos. Todos os aplicativos ofereceram recursos práticos para processamento e exportação de dados.

O'Donnell *et al.* (2019) utilizaram um Laser Scanner terrestre com sensor LiDAR para obter a BEPS (Building Energy Performance Simulation) de uma fachada. Isso foi feito de modo semiautomatizado, em que foi extraído um modelo de nuvem de pontos e alguns dados foram inseridos manualmente para análise de desempenho no Energy Plus.

A integração do levantamento 3D com o BIM é um tema de grande interesse em inúmeras pesquisas pelo mundo. No estudo feito por Macher *et al.* (2017), a reconstrução dos elementos do edifício foi realizada de forma semiautomática, onde inicialmente foram feitas segmentações sucessivas na nuvem de pontos e identificados os planos que compõem as paredes, tetos e pisos. Em seguida, os elementos estruturais foram descritos em formato *obj* e reconstruídos com base nas nuvens de pontos extraídas, assumindo diversas condições para a reconstrução. Posteriormente, a reconstrução foi traduzida para um arquivo IFC para permitir a visualização dos resultados em software BIM.

Como afirmam Mêda, Calvetti e Sousa (2023), por ser um assunto muito recente, poucos estudos científicos abordaram o levantamento utilizando o LiDAR integrado aos aparelhos celulares, ainda mais quando relacionado a algum outro tópico específico, como é o caso dessa pesquisa. Ainda assim, as pesquisas que abordam o levantamento 3D ou sua compatibilidade com o BIM, abordam apenas a possibilidade de escaneamento LiDAR gerando nuvens de pontos. Para este estudo, o principal foco é a análise de aplicativos que possuam o modo de geração de modelo geométrico simplificado, buscando uma integração simplificada com o BIM. Dessa forma torna-se necessária uma análise sobre as diferentes formas de levantamento com uso do LiDAR, os diferentes aplicativos existentes e seus formatos de exportação para, então, buscar soluções referentes a geração semiautomatizada de um modelo BIM.

3 Desenvolvimento do trabalho

3.1 Metodologia

Este estudo faz parte de uma pesquisa mais ampla, onde foi adotada a abordagem de Design Science Research (DSR) buscando criar artefatos para resolver problemas práticos. Os artefatos podem ser produtos, serviços, sistemas, processos ou até métodos que

solucionam problemas de forma satisfatória (Dresch, Lacerda e Antunes, 2014). Porém, para este artigo específico, foram realizadas as seguintes etapas:

- a. **Revisão Bibliográfica:** Inicialmente, foi conduzida uma revisão bibliográfica abrangente para aprofundar o conhecimento do pesquisador no tema de obtenção de modelos 3D a partir de levantamentos digitais (Laser scan, fotogrametria), sua compatibilidade com ambientes de modelagens 3D (BIM, SketchUp, etc.) e aplicações em avaliação de eficiência energética.
- b. **Teste dos Aplicativos:** Foram selecionados diferentes aplicativos de escaneamento com suporte para LiDAR, e realizados testes para avaliar sua eficácia e usabilidade na captura de dados tridimensionais de edificações. Esses testes foram conduzidos no mesmo ambiente e escaneados todos da mesma maneira para determinar a adequação dos aplicativos para o escopo da pesquisa. Foram utilizados apenas aplicativos que utilizassem o LiDAR e que possibilitassem o uso gratuitamente.
- c. **Modos de Escaneamento:** Dentro dos aplicativos, foram explorados os diferentes modos de escaneamento disponíveis. Isso incluiu testes de escaneamento no modo mais realista, com textura de cada ponto do modelo, e do modo simplificado, que gera um modelo geométrico. A partir desses testes, foi selecionado o modo mais adequado para uso no restante do estudo e os aplicativos correspondentes.
- d. **Teste dos Formatos de Exportação:** Após o escaneamento, os dados tridimensionais foram exportados em diferentes formatos. Foram realizados testes para avaliar a compatibilidade e a integridade dos dados ao serem importados no Revit, com foco na geração de modelos BIM contendo elementos de paredes, portas e janelas nativos do software.

Essas etapas foram conduzidas com o objetivo de investigar e desenvolver métodos eficazes para a integração do levantamento com LiDAR ao processo de modelagem BIM, visando a geração de modelos precisos e funcionais que possam ser utilizados para análise de eficiência energética e outras aplicações na construção civil.

3.2 Resultados e discussão

Existem vários aplicativos desenvolvidos com a finalidade de escaneamento e geração de modelos 3D que utilizam o LiDAR. Na tabela 1, estão todos os aplicativos que foram testados com seus diversos modos, que serão aprofundados no decorrer do trabalho.

Tabela 1 - Características dos aplicativos de escaneamento.

Aplicativo	Modos de escaneamento	Formatos de exportação na versão gratuita	Preço da versão paga
PolyCam	Photo, LiDAR, Room, 360	GLTF	R\$79,90/mês
PCon Scan	Room	EOX, USDZ	Gratuito
3D Scanner App	LiDAR	GLTF, GLB, DAE, FBX, OBJ	Gratuito
MagiScan	Photo, LiDAR, Room, 360	USDZ	R\$99,90/mês
Canvas	LiDAR	-	Por m ²
Scaniverse	LiDAR	FBX, OBJ, GLB, USDZ, PLY, LAS	Gratuito
Kiri Engine	Photo, LiDAR, Room	USDZ	R\$79,90/mês
MetaScan	Photo, LiDAR	USDZ	R\$36,90/mês

Fonte: Autores

Estes aplicativos utilizam a câmera do celular e o LiDAR para realizar o levantamento de ambientes e projetos. Foram identificados quatro diferentes modos de levantamento:

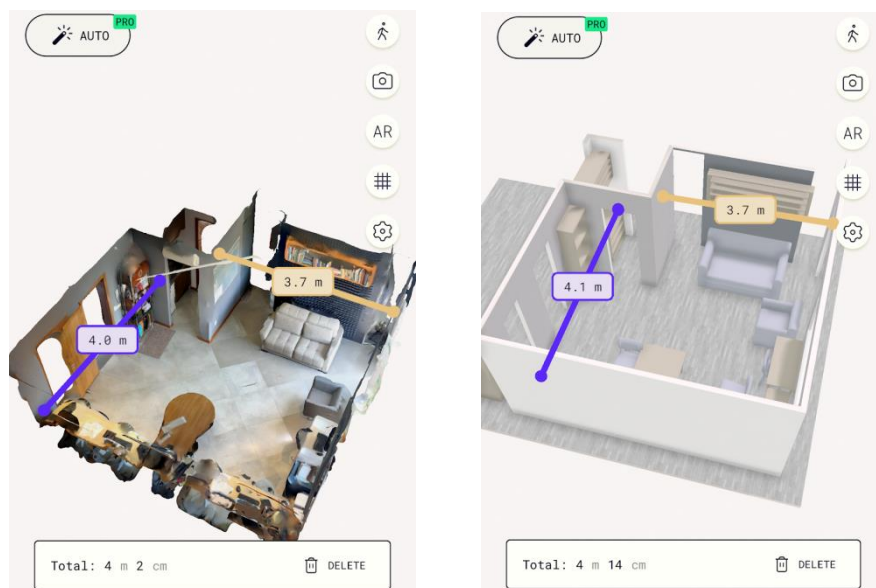
- “LiDAR” gera um modelo 3D realista com texturas a partir de uma ‘filmagem’ circulando pelo ambiente. É muito detalhada e seu processamento é bem rápido. Esse modo é ideal para registrar ambientes com muitos detalhes como fachadas antigas ou captar a diferença de níveis de uma calçada. A figura 1 (E) mostra um exemplo de modelagem já processada a partir desse modo no aplicativo Polycam.

- “Room” reproduz uma geometria simplificada, ideal para ser trabalhado digitalmente para extração das medidas e propostas de alteração. É o modo ideal para projetos de reforma ou análises de eficiência, por exemplo, e é o principal foco deste trabalho. Possibilita um modelo digital onde podem ser alterados ou inseridos mais dados, não é apenas uma documentação do existente. A figura 1 (D) exemplifica o mesmo ambiente da (E), porém no modo ‘Room’.

- “Photo”, funciona como a fotogrametria, com várias fotos que são processadas para gerar um modelo, mas sua precisão funciona melhor para objetos do que para ambientes, o que não é objetivo desse estudo, por isso não foi utilizado no restante do estudo.

- “360°” gera uma imagem 360 a partir de um ponto estático no local, não se enquadra como um modelo digital 3D, e sim como uma foto 360°. Por isso não existe integração com o BIM e também não será aprofundado.

Figura 1 - Modo LiDAR (E). Modo Room (D).



Fonte: Autores

Ao se obter o levantamento 3D, é possível exportar em diversos formatos. O modelo escaneado pode ser convertido em nuvem de pontos para leitura em softwares BIM (Garwood, 2018). Isso funciona para modelos com textura, como acontece no modo 'LiDAR' e 'Photo', no intuito de não perder as propriedades dos materiais escaneados. Já o modo 'Room' gera um modelo simplificado que pode ser convertido em extensões como .dwg ou .skp, que reconhecem linhas e planos, dando a possibilidade de trabalhar no modelo digital.

Para o uso no processo de obtenção da ENCE de um edifício construído, o modo "Room", na maioria dos casos, é o mais indicado. A possibilidade da geração rápida de um modelo 3D editável permitiria que análises de eficiência energética possam ser feitas com facilidade através do BIM, seja pelo método simplificado ou por simulação, conforme os trabalhos apresentados por Muta (2021) e Rodrigues (2022). Além da possibilidade de uma integração mais automatizada com o BIM, será avaliada se a imprecisão não interfere nos resultados de análise necessários para a inspeção de uma edificação existente, tomando-se em conta os limites aceitáveis previstos.

No caso da necessidade de um modelo com mais precisão de medidas, será feito um escaneamento no modo "LiDAR" também, que, segundo resultados de pesquisa, possui imprecisão de apenas 5mm na sua captura de dados (Moyano, 2023). Além disso Inspeções de Edifício Construído com Etiqueta de Projeto prévia, não necessitam de um levantamento completo para modelagem digital dos ambientes. Neste caso, o

levantamento é feito apenas conferindo algumas medidas importantes existentes, sendo mais indicado o modo "LiDAR" por sua precisão.

Em busca de integrar o modelo 3D e sua geometria ao ambiente BIM, foi conduzida uma série de testes exploratórios. Inicialmente, optou-se por avaliar apenas os aplicativos que ofereciam a funcionalidade denominada "Room", permitindo a geração de um modelo simplificado a partir do levantamento realizado, cada um seguindo o formato disponível na versão gratuita de seu respectivo aplicativo. Todos os arquivos gerados puderam ser importados e visualizados no pCon Planner, um software de uso gratuito selecionado como plataforma intermediária para converter os arquivos nos formatos SKP ou DWG, compatíveis com o ambiente BIM.

O processo foi repetido para os modelos obtidos dos quatro aplicativos que ofereciam a funcionalidade "Room", sendo eles: PolyCam, pCon Scan, Kiri Engine e MagiScan. Assim, obtivemos um total de quatro arquivos no formato DWG e quatro no formato SKP, todos os quais foram importados diretamente no software Autodesk Revit para posterior análise das possibilidades de integração dentro do contexto do projeto BIM.

Os resultados obtidos revelam que, após a exploração dos modelos no programa, é possível selecionar os elementos individualmente, porém não há a capacidade de trocar elementos construtivos, como paredes, portas e janelas, por elementos nativos do Revit. Observaram-se algumas disparidades entre os modelos importados:

- Polycam: O arquivo DWG apresentou-se limpo e correto, enquanto o SKP exibiu planos triangulados, embora a geometria estivesse correta. As paredes possuem espessura, porém ao serem selecionadas, apenas uma face é selecionada, não todo o volume da parede.
- PCon Scan: Tanto o DWG quanto o SKP apresentaram-se corretos e com a geometria precisa, porém o SKP apresentou planos triangulados. As paredes possuem espessura e, ao serem selecionadas, representam todo o volume da parede.
- Kiri Engine: O DWG exibiu-se limpo e correto, mas a janela foi representada apenas como um vazio na parede e não pode ser selecionada. O SKP apresentou planos triangulados e com geometria correta. As paredes possuem espessura, e, ao serem selecionadas, representam todo o volume da parede.
- Magiscan: O DWG apresentou um plano diagonal no meio do modelo, causando confusão em algumas informações. O SKP exibiu planos triangulados, porém com a geometria correta. As paredes não possuíam espessura, sendo representadas apenas por um plano.

Além das importações diretas para o Revit, foi explorada uma alternativa que consistia na transformação em um arquivo IFC. Para isso, se abriu um dos arquivos SKP no Software

Sketchup, e cada elemento foi classificado como ifcwall, ifcdoor ou ifcwindow. Em seguida se exportou como modelo IFC para ser aberto também no Autodesk Revit. Assim como nos outros testes, não foi possível modificar as paredes, pois elas não são reconhecidas como paredes nativas do Revit.

Desta forma, este processo de importação direta não possibilita a atribuição de propriedades aos elementos que são necessárias para a análise de eficiência energética. Portanto, em continuação do estudo, já está sendo explorada a possibilidade de utilizar o Dynamo, extensão de programação visual presente do Autodesk Revit, para tentar reconhecer os elementos e convertê-los em elementos nativos do Revit no momento da importação.

4 Conclusão

A simplificação do processo de inspeção não é apenas uma resposta à crescente demanda por etiquetagem de edificações, mas também uma oportunidade para promover a inovação e a modernização do setor. Ao aumentar a capacidade e eficiência dos Organismos de Inspeção Acreditados (OIAS), torna-se possível abranger um maior número de edificações e garantir a eficácia da legislação. Ao facilitar o acesso à etiquetagem de eficiência energética, incentiva-se a adoção de medidas de eficiência energética e a conscientização sobre a importância da redução do consumo de energia na construção civil.

O LiDAR pode fornecer técnicas mais rápidas e flexíveis de levantamento, em comparação com as abordagens de medição convencionais. O processo de transição do modelo gerado para o BIM, até o momento, não é automatizado pela falta de compatibilização dos aplicativos com a metodologia BIM. Sendo assim, é possível importar o modelo 3D em diferentes extensões, e criar o novo modelo BIM com base no 3D gerado. Esse processo está ainda em análise sobre possíveis formas de se obter o modelo, sem a necessidade de uma nova modelagem, a partir da programação visual através do Dynamo, presente no Autodesk Revit.

Referências

- ASKAR, C.; STERNBERG, H. **Use of Smartphone Lidar Technology for Low-Cost 3D Building Documentation with iPhone 13 Pro: A Comparative Analysis of Mobile Scanning Applications.** Geomatics 2023, 3, 563-579.
- 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.

DÍAZ-VILARIÑO, L., TRAN, H., FRÍAS, E., BALADO, J., and KHOSHELHAM, K.: **3D MAPPING OF INDOOR AND OUTDOOR ENVIRONMENTS USING APPLE SMART DEVICES**, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLIII-B4-2022, 303–308, 2022.

DRESCH, A.; LACERDA, D.P.; ANTUNES, J.A.V. **Design Science Research: A Method for Science and Technology Advancement**. Porto Alegre: Springer, 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Balanço Energético Nacional, 2023.

FALTÝNOVÁ, M.; MATOUSKOVÁ, E.; SEDINA, J.; PAVELKA, K. **Building Façade Documentation Using Laser Scanning and Photogrammetry and Data Implementation into BIM**. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Prague, Czech Republic, Volume XLI-B3, 12–19 July 2016.

GARWOOD, T; HUGHES, B; O’CONNOR, D; OATES, M. **Automatic Building Geometry Creation From Point Clouds For Simulating Industrial Building Energy Use**. 4TH BUILDING SIMULATION AND OPTIMIZATION CONFERENCE, Cambridge, UK, 11-12 September 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). Portaria nº 309, de 6 de setembro de 2022.

MACHER, H.; LANDES, T.; GRUSSENMEYER, P. **From Point Clouds to Building Information Models: 3D Semi-Automatic Reconstruction of Indoors of Existing Buildings**. Applied Sciences 7, no. 10: 1030.

MÊDA, P.; CALVETTI, D.; SOUSA, H. **Exploring the Potential of iPad-LiDAR Technology for Building Renovation Diagnosis: A Case Study**. Buildings 2023.

MOYANO, J.; NIETO-JULIÁN, J.E.; FERNÁNDEZ-ALCONCHEL, M.; ORENI, D.; ESTÉVES-PARDAL, R. **Analysis and Precision of Light Detection and Ranging Sensors Integrated in Mobile Phones as a Framework for Registration of Ground Control Points for Unmanned Aerial Vehicles in the Scanning Technique for Building Information Modelling in Archaeological Sites**. Drones 2023.

MUTA, L. F.; SILVA, A. C. S. B. da; CORRÊA, L. de V.; SCHRAMM, F. K.; MELO, A. P. **Análise do uso de BIM na extração dos dados necessários para a avaliação de eficiência energética da INI-C**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1–16.

O’DONNELL, J.; TRUONG-HONG, L.; BOYLE, N.; CORRY, E.; CAO, J.; LAEFER, D.F. **LiDAR point-cloud mapping of building façades for building energy performance simulation**. Automation in Construction, Volume 107, 2019.

RODRIGUES, C.M.A.C.; SILVA, A.C.S.B.; CUNHA, E.G. A. **Análise da ferramenta “Systems Analysis” aplicada à simulação energética de edificações**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2022.

TEO, T.; YANG, C. **Evaluating the accuracy and quality of an iPad Pro's built-in lidar for 3D indoor mapping**, Developments in the Built Environment, Volume 14, 2023.

ZEMERO, B.R.; TOSTES, M.E.L. **Análise da aplicabilidade da tecnologia BIM em Projetos Sustentáveis e Etiquetagem de Edificações no Brasil**. 2016.