

UTILIZAÇÃO DE LASER SCANNING PARA DESENVOLVIMENTO DE UM REFERENCIAL DE MANUTENÇÃO EM AMBIENTE BIM

LUÍS PEDRO CAPELA SOUSA MOREIRA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor Rui Manuel Gonçalves Calejo Rodrigues

JUNHO DE 2023

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2022/2023

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901



m.ec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400



feup@fe.up.pt



<http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado em Engenharia Civil - 2022/2023 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2023.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

A meus Pais e Irmãos

O homem é aquilo que sabe

Francis Bacon

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de expressar a minha gratidão ao meu orientador Professor Doutor Rui Manuel Gonçalves Calejo Rodrigues pela disponibilidade, apoio e incentivo demonstrado durante o desenvolvimento da presente dissertação.

À Câmara Municipal de Matosinhos, agradeço a oportunidade de realizar a presente dissertação em ambiente empresarial, e por ter disponibilizado o equipamento necessário para o desenvolvimento de um caso de estudo.

Ao Engenheiro Pedro Luís Pacheco Machado, responsável pelo acompanhamento dos trabalhos na empresa, o meu sincero obrigado pela sua disponibilidade, interesse e informações facultadas.

Por último agradeço aos meus pais, irmãos e amigos por todo o apoio demonstrado durante o meu percurso académico.

RESUMO

Atualmente o setor da construção enfrenta grandes adversidades o que faz com que a reabilitação de edifícios já existentes ganhe espaço em relação à construção de novos edifícios. Isto deve-se à falta de acesso a informações relativas aos elementos fonte de manutenção (EFM) que integram o edificado podendo estes degradar-se durante o ciclo de vida do mesmo, ou até mesmo levá-lo à perda das suas funcionalidades e valor patrimonial.

Embora o Building Information Modeling (BIM) já tenha mostrado resultados na sua adoção numa primeira fase de projeto, espera-se que também possa contrariar este movimento sendo aplicado na fase de operação e manutenção (O&M) do edificado facilitando a execução de planos de manutenção.

Relativamente ao processo de implementação de planos de manutenção ao modelo BIM ainda se encontra numa fase preliminar existindo pouco conhecimento científico comparativamente a outras áreas de utilização do BIM na construção civil.

Tendo em conta este cenário, surge o propósito da presente dissertação que pretende abordar de que forma é possível introduzir informação de manutenção num modelo BIM, sendo este, desenvolvido recorrendo à tecnologia laser scanning.

Para tal, foi desenvolvido um guia apresentando o fluxo de trabalhos desde o levantamento e correção da nuvem de pontos, ao desenvolvimento do modelo BIM sobre a mesma, até à introdução de informações de manutenção no próprio modelo.

PALAVRAS-CHAVE: manutenção, elementos fonte de manutenção (EFM), Building Information Modeling (BIM), operação e manutenção (O&M), laser scanning.

ABSTRACT

Currently, the construction sector faces great adversities, which makes the rehabilitation of existing buildings gain space in relation to the construction of new buildings. This is due to the lack of access to information about the elements subject to maintenance (ESM) that integrate the building, which can degrade during its life cycle, or even lead to the loss of its functionalities and heritage value.

Although Building Information Modeling (BIM) has already shown results in its adoption in the first phase of the project, it is expected that it can also counteract this movement by being applied in the operation and maintenance (O&M) phase of the building, facilitating the execution of maintenance plans.

Regarding the process of implementing maintenance plans to the BIM model is still at a preliminary stage and there is little scientific knowledge compared to other areas of use of BIM in civil construction.

Taking this scenario into account, the purpose of this dissertation arises. This dissertation intends to address how it is possible to introduce maintenance information in a BIM model, which is developed using laser scanning technology.

To this end, a guide was developed presenting the workflow from the survey and correction of the point cloud, to the development of the BIM model on it, to the introduction of maintenance information in the model itself.

KEYWORDS: maintenance, elements subject to maintenance (ESM), Building Information Modeling (BIM), operation and maintenance (O&M), laser scanning.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO GERAL E PROBLEMÁTICA	1
1.2. OBJETIVOS E ÂMBITO DA DISSERTAÇÃO	1
1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	2
2. ESTADO DA ARTE	3
2.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3. BIM E LASER SCANNING	13
3.1. BIM	13
3.1.1. CONCEITO	13
3.1.2. O QUE FAZ UM MODELO SER BIM	13
3.1.3. PERSPETIVA LEGAL NO USO DO BIM E CURVA DE MACLEAMY	15
3.1.4. NÍVEL DE MATURIDADE BIM	16
3.1.5. GESTÃO DA INFORMAÇÃO	17
3.1.6. BIM VS CAD	19
3.1.7. NORMALIZAÇÃO BIM	20
3.1.8. DIMENSÕES DO BIM	21
3.1.9. LEVEL OF DEVELOPMENT (LOD)	22
3.1.10. OPEN AND CLOSE BIM	24
3.1.11. STANDARDS	24
3.1.11.1. IFC – ISO 16739	24
3.1.11.2. PAS 1192 E ISO 19650	24
3.1.12. SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO DE ELEMENTOS	25
3.1.12.1. INTRODUÇÃO	25
3.1.12.2. ESTRUTURA DO SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO SECCCLASS	25
3.2. LASER SCANNING	26

3.2.1. FUNCIONAMENTO.....	26
3.2.2. LASER SCANNING VS FOTOGRAMETRIA	27
3.2.3. SACN TO BIM	27
3.2.4. SOFTWARES.....	27
3.2.4.1. LEICA CYCLONE	27
3.2.4.2. AUTODESK RECAP PRO.....	28
3.2.4.3. AUTODESK REVIT.....	28

4. INTRODUÇÃO À EMPRESA E AO CASO DE ESTUDO 29

4.1. ENQUADRAMENTO DA “EMPRESA DE ACOLHIMENTO”	29
4.2. APRESENTAÇÃO DA “EMPRESA DE ACOLHIMENTO”	29
4.3. ESTRUTURA DA “EMPRESA DE ACOLHIMENTO”	29
4.4. APRESENTAÇÃO DO CASO DE ESTUDO	30

5. PROPOSTA DE GUIA..... 37

5.1. INTRODUÇÃO	37
5.2. PLANEAMENTO.....	38
5.2.1. VISITA AO LOCAL E ANÁLISE DA PLANTA.....	38
5.2.2. LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES	38
5.3. LEVANTAMENTO DA NUVEM DE PONTOS	38
5.3.1. MONTAGEM DA ESTAÇÃO	39
5.3.2. LIGAR O LASER SCANNER	39
5.3.3. ESCOLHA DO NÍVEL DE DENSIDADE	39
5.3.4. INÍCIO DOS SCANS	40
5.3.5. UNIÃO DE SCANS	40
5.4. PROCESSAMENTO DA NUVEM DE PONTOS	40
5.4.1. PASSAGEM DOS DADOS RECOLHIDOS DO LASER SCANNER PARA O COMPUTADOR.....	41
5.4.2. IMPORTAÇÃO PARA O SOFTWARE RECAP PRO	41
5.4.3. LIMPEZA DE RUÍDO	41
5.5. MODELAÇÃO SOBRE A NUVEM DE PONTOS NO SOFTWARE REVIT	42
5.5.1. IMPORTAÇÃO DA NUVEM DE PONTOS	42
5.5.2. MODELAÇÃO.....	42
5.5.3. CURIOSIDADES	43

5.6. CLASSIFICAÇÃO SECCLASS DOS EFM	43
5.7. FICHAS DE MANUTENÇÃO	44
5.8. FLUXO DE INFORMAÇÕES E BASE DE DADOS ADOTADOS	45
 6. APLICAÇÃO DA PROPOSTA	 47
6.1. INTRODUÇÃO	47
6.2. PLANEAMENTO	47
6.2.1. VISITA AO LOCAL E ANÁLISE DA PLANTA	47
6.2.2. LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES	47
6.3. LEVANTAMENTO DA NUVEM DE PONTOS	48
6.3.1. MONTAGEM DA ESTAÇÃO	48
6.3.2. LIGAR O LASER SCANNER	48
6.3.3. ESCOLHA DO NÍVEL DE DENSIDADE	49
6.3.4. INÍCIO DOS SCANS	49
6.3.5. UNIÃO DE SCANS	49
6.4. PROCESSAMENTO DA NUVEM DE PONTOS	52
6.4.1. PASSAGEM DOS DADOS RECOLHIDOS DO LASER SCANNER PARA O COMPUTADOR	52
6.4.2. IMPORTAÇÃO PARA O SOFTWARE RECAP PRO	57
6.4.3. LIMPEZA DE RUÍDO	59
6.5. MODELAÇÃO SOBRE A NUVEM DE PONTOS NO SOFTWARE REVIT	62
6.5.1. IMPORTAÇÃO DA NUVEM DE PONTOS	62
6.5.2. MODELAÇÃO	62
6.6. CLASSIFICAÇÃO SECCLASS DOS EFM	64
6.7. BASE DE DADOS EM EXCEL	66
6.8. ROTINAS DYNAMO	67
6.8.1. CRIAÇÃO DE PARÂMETROS	67
6.8.2. IMPORTAÇÃO DA INFORMAÇÃO DOS PARÂMETROS	69
6.8.3. EXTRAÇÃO DOS DADOS	72
 7. CONCLUSÃO	 75
7.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	77

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
ANEXO A1.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1 – Fluxograma do processo de pesquisa	3
Fig.2 – Número de artigos por revista científica no cenário 4.....	5
Fig.3 – Número de artigos por revista científica no cenário 5.....	5
Fig.4 – Número de artigos por autor no cenário 4	6
Fig.5 – Número de artigos por autor no cenário 5	6
Fig.6 – Número de artigos por ano no cenário 4.....	7
Fig.7 – Número de artigos por ano no cenário 5.....	7
Fig.8 – Número de artigos por país no cenário 4.....	8
Fig.9 – Número de artigos por país no cenário 5.....	8
Fig.10 – Tabela de propriedades do elemento “Mass”	14
Fig.11 – Tabela de propriedades do elemento “Stairs”	14
Fig.12 – Curva de Macleamy	15
Fig.13 – Níveis de maturidade BIM	16
Fig.14 – Fluxo Tradicional	17
Fig.15 – Fluxo BIM	18
Fig.16 – Perda de valor entre as fases do processo construtivo	19
Fig.17 – Cadeira representada em CAD e BIM	19
Fig.18 – Secretária representada em CAD e BIM.....	20
Fig.19 – Top Down vs Bottom Up	20
Fig.20 – Level of Development.....	23
Fig.21 – Esforço vs LOD	23
Fig.22 – Organização hierárquica do sistema Secclass	25
Fig.23 – Organograma da EA	30
Fig.24 – Identificação do “Edifício G”	31
Fig.25 – Planta do R/C do “Edifício G”	32
Fig.26 – Planta do Piso 1 do “Edifício G”	32
Fig.27 – Planta do “Espaço G” a modelar	33
Fig.28 – Foto do interior no local A	34
Fig.29 – Foto do interior no local B	34
Fig.30 – Foto do exterior no local C	35
Fig.31 – Foto do exterior no local D	35

Fig.32 – Fluxo de Trabalhos	37
Fig.33 – Processo de montagem da estação.....	39
Fig.34 – Vários níveis de densidade	40
Fig.35 – Visibility/Graphics Panel	43
Fig.36 – Planta do “Espaço G” com as localizações das estações.....	47
Fig.37 – Estação montada.....	48
Fig.38 – Conteúdo exibido na aplicação móvel Cyclone Field 360.....	48
Fig.39 – Início do processo de união.....	49
Fig.40 – Seleção da primeira estação a vincular	50
Fig.41 – Seleção da segunda estação a vincular e início do alinhamento	50
Fig.42 – Alinhamento visual das estações, otimização e criação de vínculo.....	51
Fig.43 – Alinhamento visual das estações, otimização e criação de vínculo.....	51
Fig.44 – Nuvem de pontos do “Espaço G”	52
Fig.45 – Criação de um novo projeto no Cyclone Register 360.....	53
Fig.46 – Importação dos dados Cyclone Field 360	53
Fig.47 – Inserção do endereço IP	54
Fig.48 – Seleção do projeto pretendido.....	54
Fig.49 – Otimização do Bundle	55
Fig.50 – Indicação do destino do ficheiro pdf Registration Report.....	55
Fig.51 – Seleção do tipo de ficheiro rcp e indicação do destino do ficheiro	56
Fig.52 – Publicação do ficheiro rcp	56
Fig.53 – Criação de um novo projeto no software Recap Pro.....	57
Fig.54 – Importação da nuvem de pontos	57
Fig.55 – Seleção do Autodesk Recap Project File	58
Fig.56 – Launch Project.....	58
Fig.57 – Nuvem de pontos inicial no software Recap Pro.....	59
Fig.58 – Utilização da ferramenta Fence para eliminar o ruído no Recap Pro	59
Fig.59 – Escurecimento do modelo no Recap Pro	60
Fig.60 – Alteração da cor do plano de fundo no Recap Pro	60
Fig.61 – Remoção das Mirror Balls no Recap Pro	61
Fig.62 – Criação de Regions no Recap Pro	61
Fig.63 – Importação da nuvem de pontos processada para o Revit.....	62
Fig.64 – Elevation View	63

Fig.65 – Definição dos levels através de uma Section View no Revit	63
Fig.66 – Modelo Final do “Espaço G”	64
Fig.67 – Classificação do elemento “Floor”	65
Fig.68 – Classificação do elemento “Floor” nas respetivas propriedades tipo	65
Fig.69 – Base de Dados em Excel	66
Fig.70 – Seleção do ficheiro Excel	67
Fig.71 – Organização das listas	68
Fig.72 – Criação dos parâmetros	68
Fig.73 – Parâmetros Originais vs Parâmetros Criados no elemento “Floor”	69
Fig.74 – Seleção do ficheiro Excel	69
Fig.75 – Organização das listas	70
Fig.76 – Preenchimento dos Parâmetros.....	71
Fig.77 – Parâmetros criados com as respetivas informações de manutenção no elemento “Floor”	72
Fig.78 – Lista dos parâmetros criados	73
Fig.79 – Seleção do EFM do modelo e exportação das informações para o Excel	73
Fig.80 – Dados provenientes da rotina para extração dos parâmetros e conteúdos criados	74

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Número de artigos por cenário.....	4
Quadro 2 – Lista de artigos obtidos nas plataformas WOS e Scopus.....	9
Quadro 3 – Lista de dissertações consultadas	11
Quadro 4 – Lista de livros consultados	11
Quadro 5 – Legenda da Curva de Macleamy	15
Quadro 6 – Legenda do triângulo representado na Fig.13	16
Quadro 7 – Dimensões BIM	21
Quadro 8 – Descrição das tabelas do sistema Secclass	26
Quadro 9 – Ficha de Manutenção Tipo.....	45
Quadro 10 – Exemplo de Ficha de Manutenção Tipo.....	76

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

3D – Três Dimensões

4D – Quatro Dimensões

5D – Cinco Dimensões

6D – Seis Dimensões

7D – Sete Dimensões

AEC – Architecture, Engineering and Construction

AIA – American Institute of Architects

BIM – Building Information Modeling

CAD – Computer Aided Design

CT197 – Comissão Técnica 197

EA – Empresa de Acolhimento

EFM – Elementos Fonte de Manutenção

FM – Facility Management

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

IFC – Industry Foundation Classes

ISO – International Organization for Standardization

IDM – Information Delivery Manual

LiDAR – Light Detection and Ranging

LOD – Level of Development

NBS – National Building Standards

O&M – Operation and Maintenance

PDF – Portable Document Format

SECCLASS – Sustainability Enhanced Construction Classification System

WOS – Web of Science

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO GERAL E PROBLEMÁTICA

A manutenção de edifícios é importante porque garante o conforto e a segurança dos seus ocupantes.

Do ponto de vista comercial, uma manutenção adequada e regular pode economizar custos aos proprietários do edifício num longo período de tempo, para além de contribuir para um aumento do valor geral da propriedade [1].

No setor da construção sempre existiram erros graves na execução de um projeto provenientes da fraca comunicação entre os intervenientes [2]. Para combater este problema surge a metodologia BIM (Building Information Modeling), que facilita o planeamento, a coordenação e a comunicação, eliminando muitas das inabilidades associadas ao processo de construção tradicional.

O BIM é a base da transformação digital na arquitetura, engenharia e na indústria da construção (AEC). BIM são um conjunto de softwares usados para criar e gerir dados que esclarecem o processo completo de um edifício no decorrer do seu ciclo de vida. O uso do BIM oferece maior visibilidade, melhor tomada de decisão, opções mais sustentáveis e economia de custos em projetos [3] [4].

A implementação de BIM para a área de manutenção é um processo corrente, de modo que, ainda não é possível retirar o máximo rendimento dos softwares, uma vez que, atualmente as soluções comerciais que fornecem aplicações de manutenção BIM são muito reduzidas.

A função do BIM na fase de gestão e manutenção de um edifício é gerar informações atualizadas sobre ele, com o intuito de melhorar o desempenho do mesmo, reduzir as intervenções e os custos gerais de manutenção [5].

Já a adoção da tecnologia laser scanning surge para tornar a indústria AEC mais competitiva e sustentável. No entanto, a tecnologia em Portugal é pouco dominada e o conhecimento sobre a mesma limitado, existindo poucos trabalhos desenvolvidos.

1.2. OBJETIVOS E ÂMBITO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação é realizada no âmbito da especialização de Construções do curso de Mestrado em Engenharia Civil da FEUP e pretende destacar a importância da existência de planos de manutenção num edifício, assim como, a sua migração para um modelo BIM, explorando as suas limitações. Tratando-se de uma dissertação realizada em ambiente empresarial, e uma vez que, a mesma dispunha dos equipamentos necessários para adotar a tecnologia laser scanning, recorreu-se à mesma para fazer um levantamento de um espaço e posteriormente desenvolver o seu modelo BIM.

A presente dissertação tem os seguintes objetivos:

- Colmatar a ausência de informação sobre as tecnologias abordadas, nomeadamente BIM e laser scanning
- Propor um guia apresentando o fluxo de trabalhos para a utilização da tecnologia laser scanning
- Identificar os requisitos de manutenção associados a um edifício
- Identificar o conjunto de procedimentos para introdução de conteúdos de manutenção em BIM
- Perceber se a adoção da tecnologia laser scanning tem alguma vantagem para a manutenção de edifícios

Em síntese, pretende-se através de métodos de programação adicionar informação de gestão de manutenção de edifícios num modelo Revit, de modo a serem extraídas fichas tipo com conteúdos de manutenção. Tendo sido esse modelo desenvolvido com recurso à tecnologia laser scanning.

1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Entende-se que atualmente existem bastantes trabalhos desenvolvidos na área de manutenção de edifícios, pelo que o autor entendeu que seria redundante apresentá-los nesta dissertação. Caso o leitor pretenda informações relativas à manutenção de edifícios aconselha-se a consulta das seguintes referências [6] [7] [8].

Esta dissertação é composta pelos seguintes capítulos:

Capítulo 1 – Introdução: neste capítulo é descrito o enquadramento geral da problemática, os objetivos e o âmbito da dissertação, assim como, a estruturação da mesma.

Capítulo 2 – Estado da Arte: neste capítulo é realizada uma revisão bibliográfica sobre os seguintes temas: BIM, Laser Scanning e Manutenção.

Capítulo 3 – BIM e Laser Scanning: neste capítulo apresentam-se conceitos, legislações e standards relevantes aos respetivos temas.

Capítulo 4 – Introdução à Empresa e ao Caso de Estudo: neste capítulo é apresentada a “Empresa de Acolhimento” e o Caso de Estudo.

Capítulo 5 – Proposta de Guia: neste capítulo pretende-se apresentar um fluxo de trabalho envolvendo o BIM, o laser scanner e as informações de manutenção.

Capítulo 6 – Aplicação da Proposta: neste capítulo pretende-se aplicar a proposta de guia do capítulo 5 no caso de estudo apresentado no capítulo 4.

Capítulo 7 – Conclusão: neste capítulo discute-se as limitações da aplicação da proposta e são propostos temas para desenvolvimentos futuros.

2

ESTADO DA ARTE

2.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo consiste na pesquisa de informações relevantes para a integração da informação de manutenção de edifícios na tecnologia BIM, assim como, o uso da tecnologia laser scanning para o desenvolvimento de um modelo BIM.

Para esta pesquisa para além dos mecanismos de busca das plataformas Web of Science (WOS) e Scopus, foram consultadas dissertações e livros.

O processo da pesquisa realizada nas plataformas WOS e Scopus baseia-se no fluxograma da Fig.1.

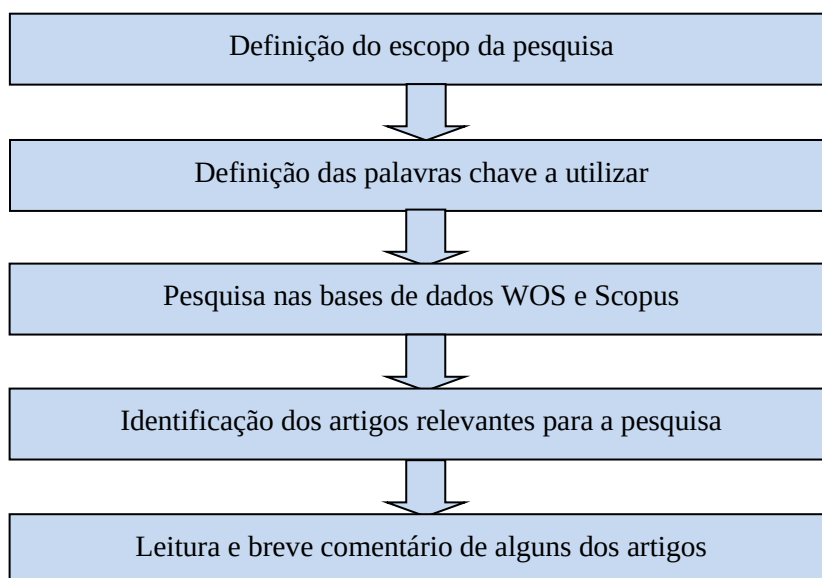


Fig.1 – Fluxograma do processo de pesquisa

A presente pesquisa pretende identificar artigos que relacionem o BIM com a manutenção de edifícios, assim como, o BIM com a tecnologia laser scanning.

Ao utilizar estes mecanismos de busca pode-se verificar a extensa quantidade de artigos abordando o BIM, assim como, a tecnologia laser scanning. No entanto, a pesquisa para a manutenção de edifícios exige alguma prudência, uma vez que, é associada a temas mais amplos quando traduzido para inglês, tais como, Building Maintenance (BM), Building Conservation (BC), Asset Management (AM), Facility Management (FM) e Operation and Maintenance (O&M). Para simplificar a pesquisa da manutenção de edifícios optou-se por utilizar o termo “Building Maintenance” como palavra chave, visto que, alcança um número de resultados consideravelmente superior aos restantes.

Deste modo, as palavras-chave definidas foram as seguintes: “BIM”, “Building Maintenance” e “Laser Scanning”. De forma a perceber o atual estado de pesquisa e desenvolvimento de cada um desses temas procedeu-se à pesquisa nas bases de dados WOS e Scopus. Seguem-se os cenários utilizados de pesquisa por Article Title, Abstract e Keywords:

- Cenário 1: “BIM”
- Cenário 2: “Building Maintenance”
- Cenário 3: “Laser Scanning”
- Cenário 4: “BIM” and “Building Maintenance”
- Cenário 5: “BIM” and “Laser Scanning”

O Quadro 1 apresenta o número de artigos correspondentes a cada cenário. Analisando os valores nele contidos, rapidamente se conclui que, o número de artigos referentes ao BIM e à tecnologia laser scanning é superior ao da manutenção de edifícios. No entanto, nos cenários 4 e 5, sendo estes, correspondentes à interseção dos temas “Building Maintenance” e “Laser Scanning” com o BIM, é que se verifica uma significativa redução do número de artigos.

Quadro 1 – Número de artigos por cenário

	BIM	Building Maintenance	Laser Scanning	$BIM \cap \text{Building Maintenance}$	$BIM \cap \text{Laser Scanning}$
Scopus	5886	491	11621	36	157
WOS	2712	122	807	21	100

Após uma análise dos artigos obtidos tanto no cenário 4 como no cenário 5, foram identificadas as revistas científicas que publicaram os artigos obtidos em cada um dos cenários. Na Fig.2 e Fig.3, seguem-se as revistas científicas que mais artigos publicaram, para os respectivos cenários, sendo que, foi a revista “Automation in Construction” quem mais artigos publicou para ambos.

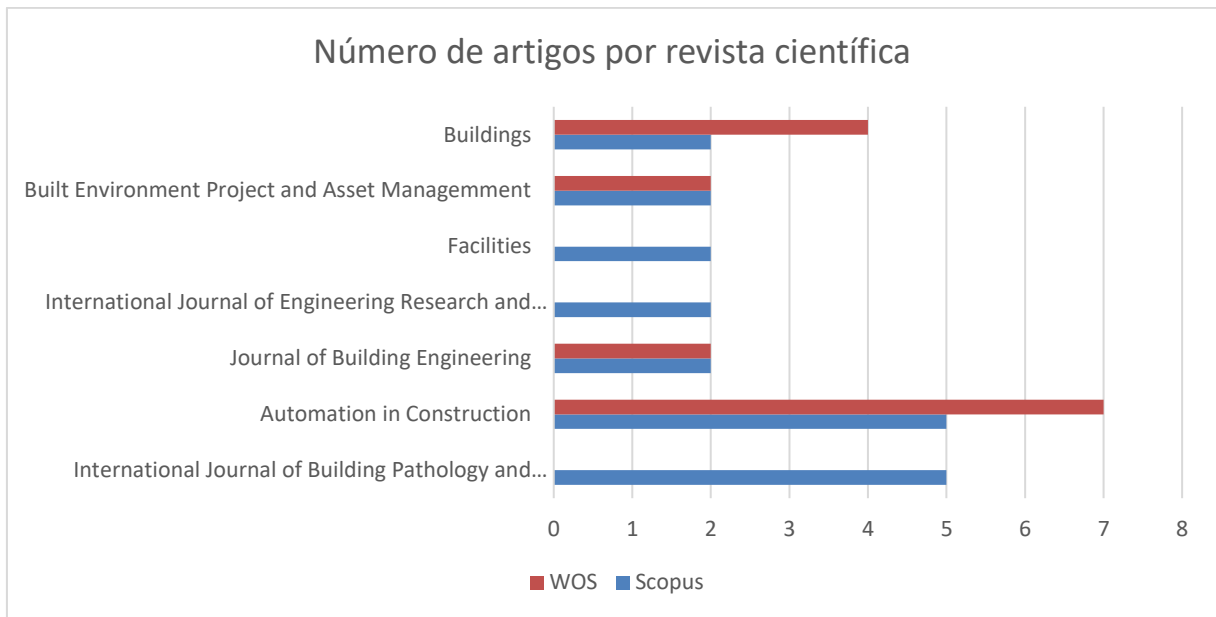


Fig.2 – Número de artigos por revista científica no cenário 4

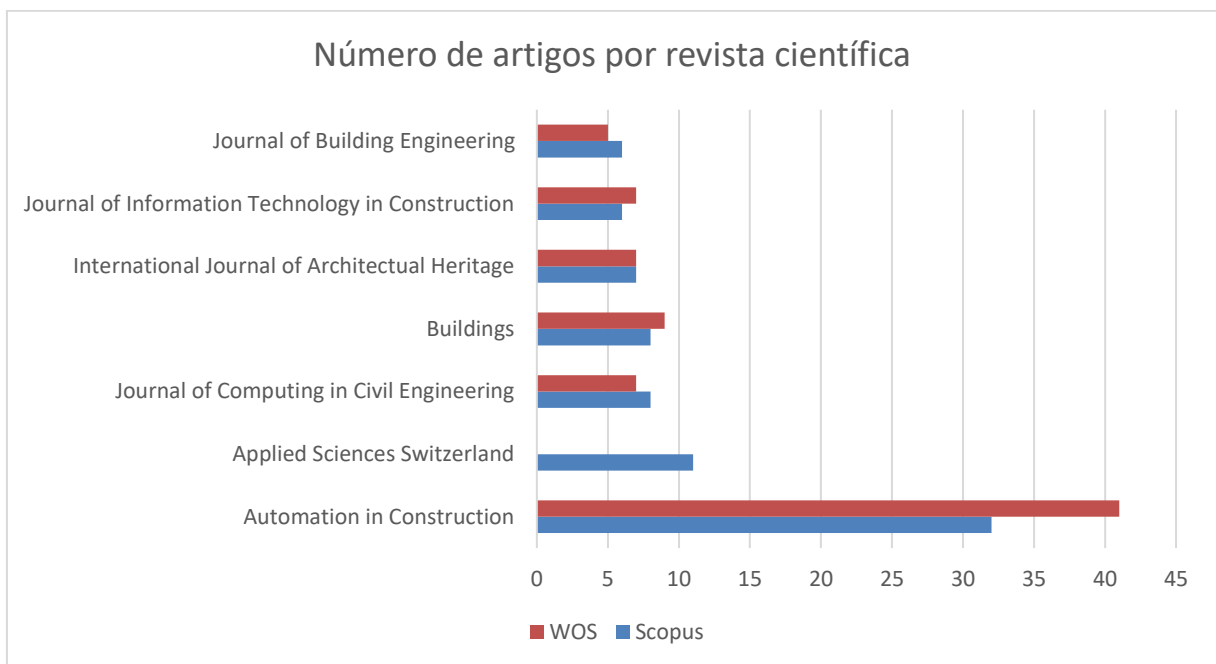


Fig.3 – Número de artigos por revista científica no cenário 5

De forma análoga, verificam-se os autores com mais artigos publicados para o cenário 4 e 5. Devido ao facto de haverem vários autores apenas com um ou dois artigos, consideraram-se apenas os cinco autores com mais artigos em cada cenário, obtendo os resultados dos gráficos das Fig.4 e Fig.5.

Através das Fig.4 e Fig.5 verifica-se que o autor com mais artigos publicados no cenário 4 é “Ismail, Z.A.”, enquanto que, no cenário 5 é “Wang, Q.”.

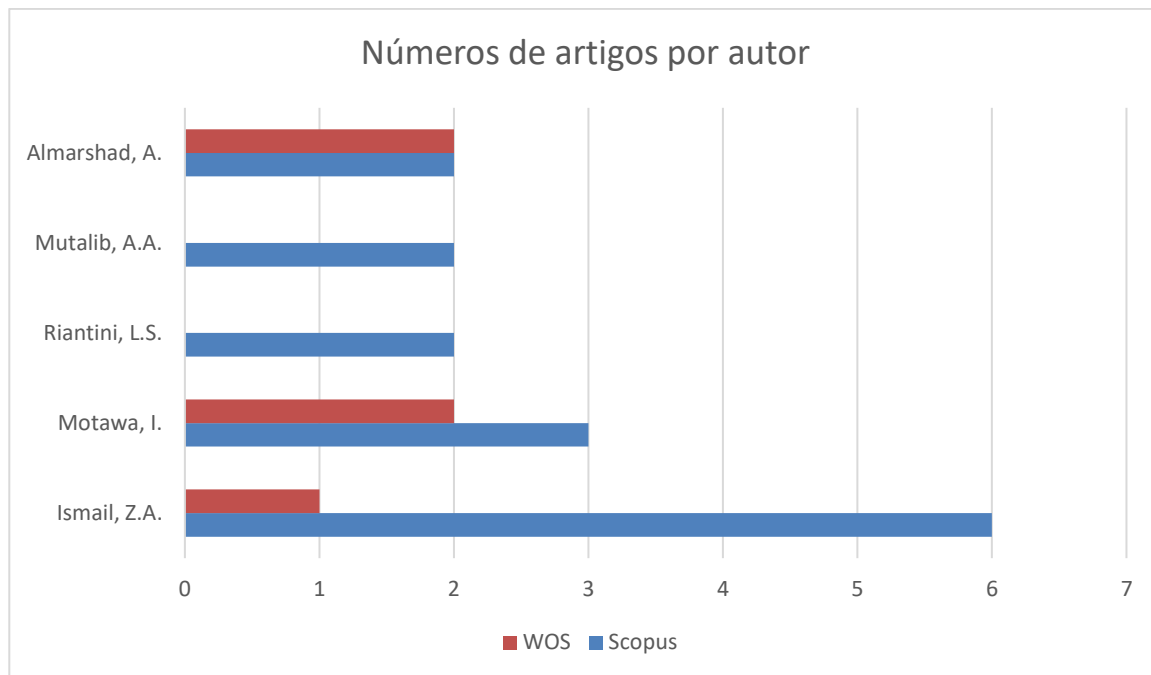


Fig.4 – Número de artigos por autor no cenário 4

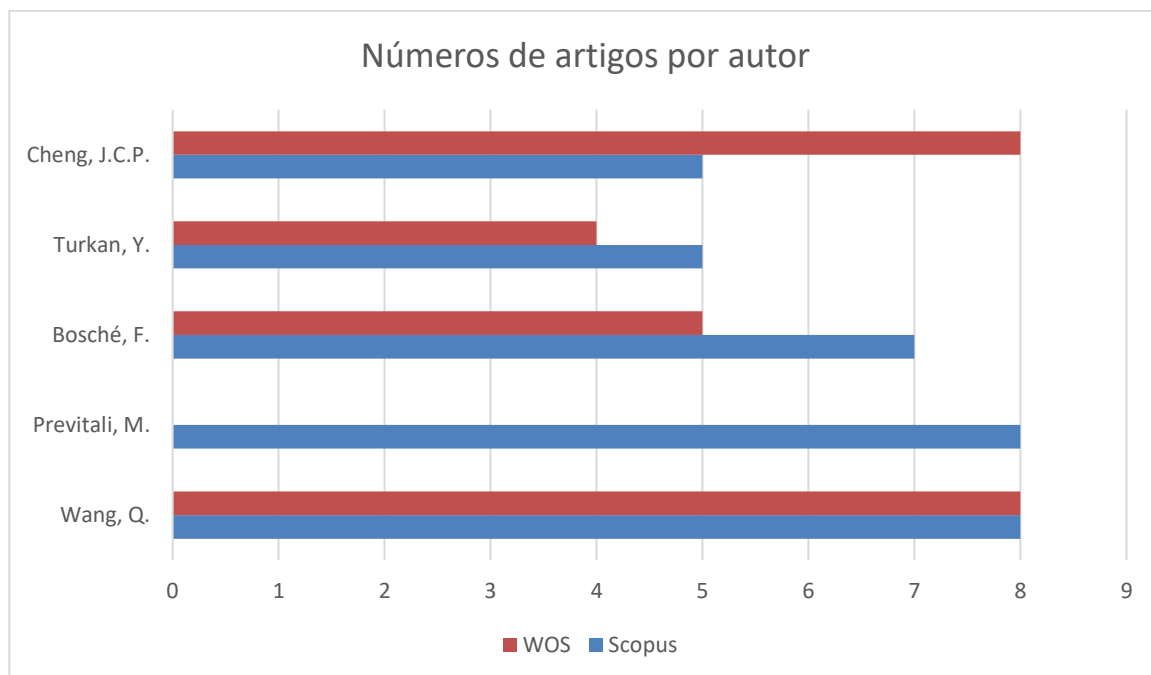


Fig.5 – Número de artigos por autor no cenário 5

Atendendo que a Fig.6 e Fig.7 representam a evolução dos cenários 4 e 5 respetivamente, naquilo que é o desenvolvimento de artigos, verifica-se que a partir do ano 2018 o número de artigos anuais aumentou consideravelmente em ambos os cenários.

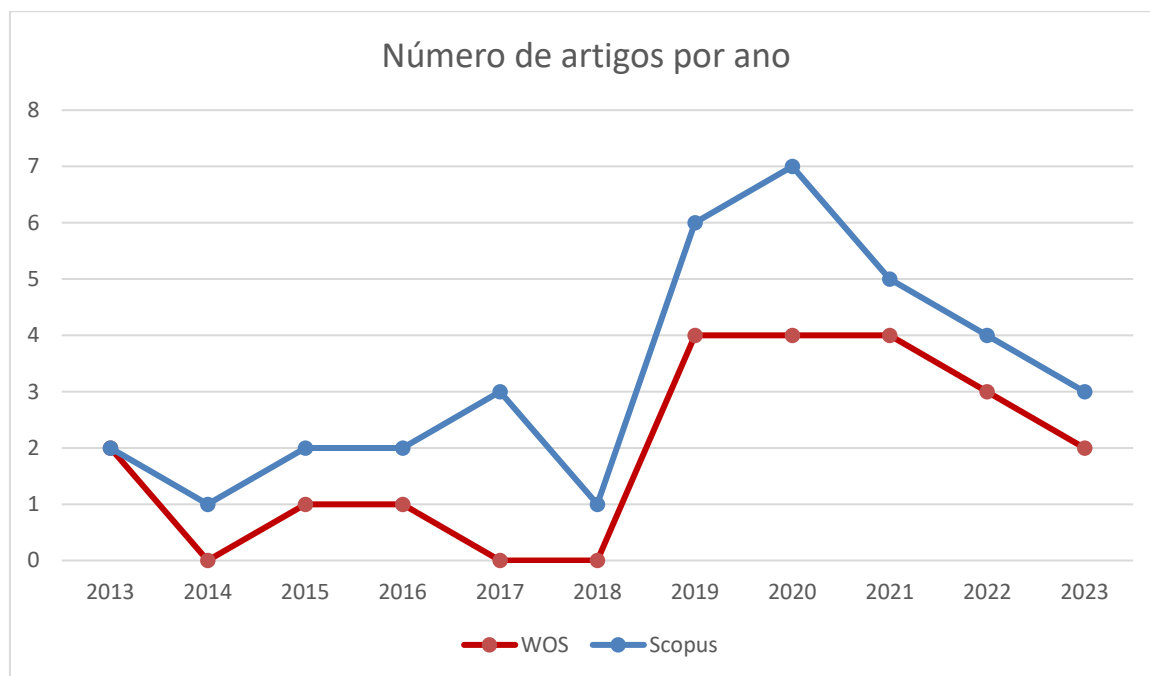


Fig.6 – Número de artigos por ano no cenário 4

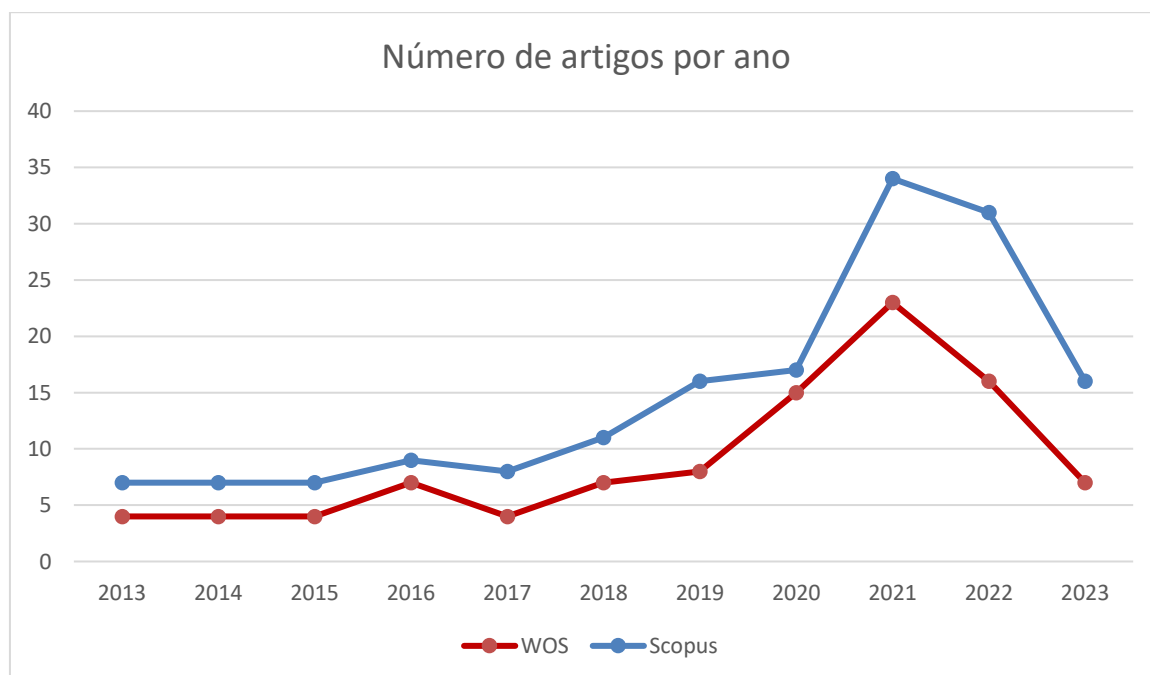


Fig.7 – Número de artigos por ano no cenário 5

Por último, analisa-se os países com mais artigos. Podendo através da Fig.8 e Fig.9 identificar que no cenário 4 a Malásia, a China e o Reino Unido são os países com mais artigos, enquanto que, no cenário 5 é a China e os Estados Unidos.

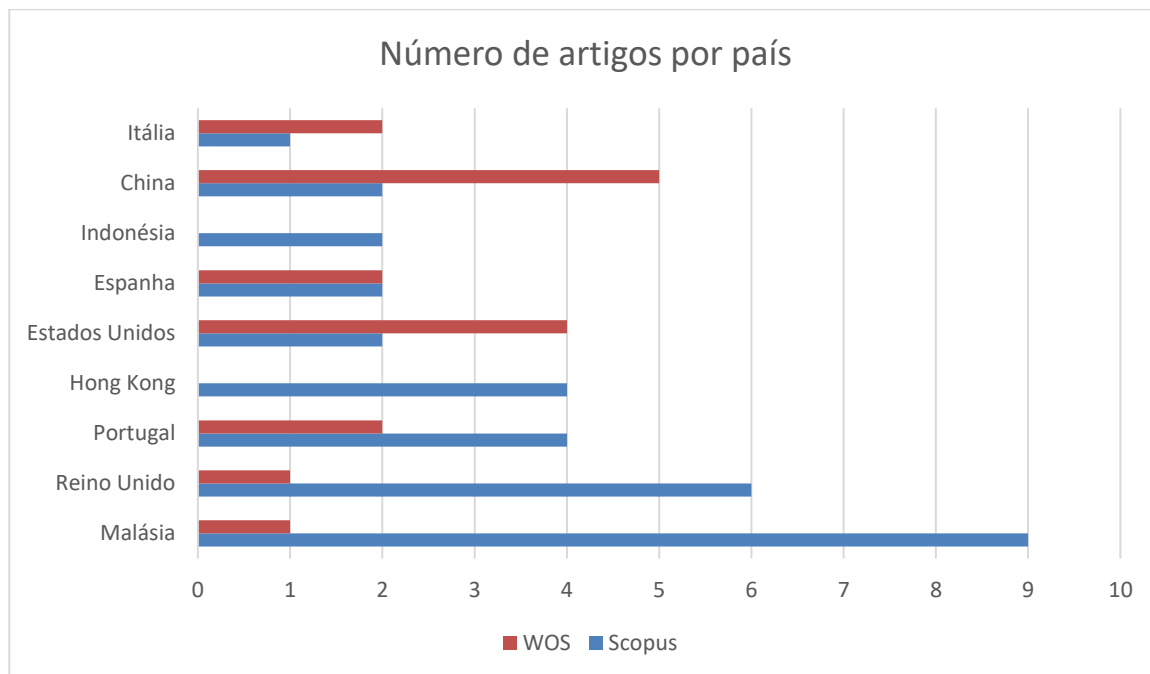


Fig.8 – Número de artigos por país no cenário 4

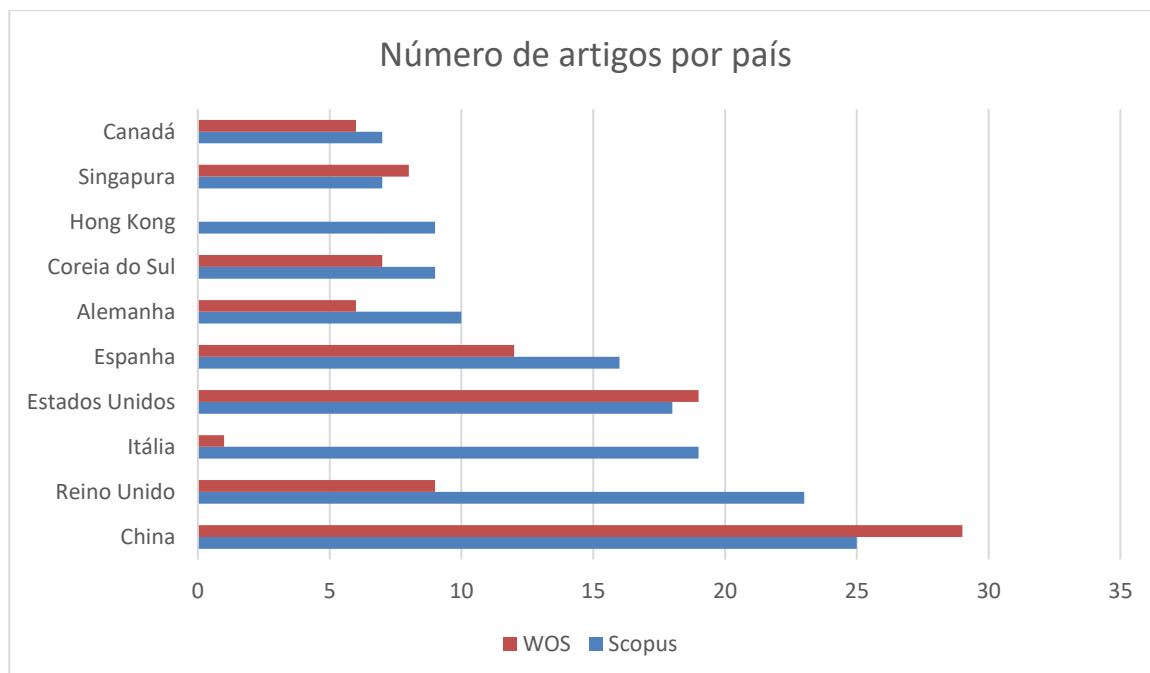


Fig.9 – Número de artigos por país no cenário 5

O Quadro 2 que se segue, possui uma lista de artigos obtidos nas plataformas WOS e Scopus.

Quadro 2 – Lista de artigos obtidos nas plataformas WOS e Scopus

Ref	Título	Autor	Comentário
[9]	A knowledge-based BIM system for building maintenance	I. Motawa A. Almarshad	Enquadramento geral no contexto do tema
[10]	Automatic creation of semantically rich 3D building models from laser scanner data	X. Xiong A. Adan B. Akinci D. Huber	Conversão de dados do laser scanning para o BIM. Apresentação de algoritmo capaz de identificar e modelar os principais elementos estruturais de um ambiente.
[11]	Planning and developing facility management-enabled building information model (FM-enabled BIM)	P. Bozorgi X. Gao C. Eastman A. Self	Formas de implementar o BIM para Facility Management
[12]	Automatic creation of semantically rich 3D building models from laser scanner data	X. Xiong A. Adan B. Akinci S. Huber	Identificação e modelação dos principais componentes estruturais visíveis de um ambiente interno
[13]	Productive modeling for development of as-built BIM of existing indoor structures	J. Jung S. Hong S. Jeong S. Kim H. Cho S. Hong J. Heo	Proposta de uma metodologia para melhorar a produtividade da criação BIM as-built em relação a espaços interiores
[14]	Performance Evaluation of Automatically Generated BIM from Laser Scanner Data for Sustainability Analyses	C. Wang Y. Cho	Apresenta a criação automática e simplificada de BIM a partir da nuvem de pontos para simulações energéticas
[15]	Automated classification of heritage buildings for as-built bim using machine learning techniques	M. Bassier M. Vergauwen B. Genechten	Nesta pesquisa procura-se reconhecer automaticamente elementos em edifícios existentes para criar modelos de informação semântica compactos.

[16]	From point clouds to building information models: 3D semi-automatic reconstruction of indoors of existing buildings	H. Macher T. Landes P. Grussenmeyer	Abordagem semiautomática para a reconstrução 3D de ambientes interiores
[17]	Scan planning and route optimization for control of execution of as-designed bim	L. Vilarino E. Frias J. Frias H. Gonzalez	Método para otimizar o número e as posições de digitalização para procedimentos Scan-to-BIM após a digitalização stop & go.
[18]	Integrating topographic, photogrammetric and laser scanning techniques for a scan-to-BIM process	M. Brutto E. Iuculano P. Giudice	Método de levantamento, baseado na integração de diferentes técnicas que melhore a fase de aquisição de dados
[19]	Performance Evaluation of Automatically Generated BIM from Laser Scanner Data for Sustainability Analyses	C. Wang Y. Cho	Criação automática e simplificada de BIM a partir de nuvens de pontos para simulações de energia.
[20]	Automatic thermographic and RGB texture of as-built BIM for energy rehabilitation purposes	S. Laguela L. Vilarino J. Martinez J. Armesto	Este artigo propõe uma metodologia para a geração automática de modelos as-built, começando com a aquisição de dados e continuando com o processamento de dados geométricos e termográficos.
[21]	A framework for in-situ geometric data acquisition using laser scanning for BIM modelling	L. Sanhudo N. Ramos J. Martins R. Almeida E. Barreira M. Simões V. Cardoso	Apresenta uma estrutura que detalha os passos necessários para adquirir uma nuvem de pontos aplicável à modelação BIM. Artigo útil para o capítulo 5-Proposta de Guia.

O Quadro 3 apresenta uma lista de dissertações consultadas, provenientes dos repositórios acadêmicos. Já o Quadro 4 apresenta a lista de livros consultados.

Quadro 3 – Lista de dissertações consultadas

Ref	Título	Autor	Tópicos abordados
[6]	Gestão de edifícios: modelo de simulação técnico-económica	Rui Calejo Rodrigues	Sistema integrado de manutenção Procedimentos para implementação das atividades de gestão de edifícios Metodologia de diagnóstico de patologias em edifícios
[7]	Manutenção de edifícios: análise e exploração de um banco de dados sobre um parque habitacional	Rui Calejo Rodrigues	Conceitos envolvidos na manutenção de edifícios Comportamento de um edifício em serviço Políticas de manutenção de edifícios
[22]	Proposta de Sistema de Gestão da Manutenção de Edifícios Suportado por Ferramentas BIM	Alexandre Daniel Ribeiro Fontes	Utilização de BIM na gestão de instalações e na modelação dos dados relativos a essa manutenção
[23]	Estruturação de Informação de Manutenção em BIM	Gabriel Marchi da Silva	Interação entre as estruturas de organização de dados e os mecanismos de armazenamento e processamento de dados num software de modelação BIM
[24]	Levantamento Expedito de Edifícios com recurso a Laser Scanner	Paulo Jorge Martins Rodrigues Pona	Função do laser scanner Metodologias de trabalho a adotar Implicações em termos de gestão do processo

Quadro 4 – Lista de livros consultados

Referência	Título	Autor	Tópicos abordados
[25]	BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors	C. Eastman P. Teicholz R. Sacks K. Liston	Apresentação da tecnologia BIM Interoperabilidade Modelação BIM

3

BIM E LASER SCANNING

3.1. BIM

3.1.1. CONCEITO

BIM é um conjunto de tecnologias e softwares que permitem desenvolver modelos virtuais tridimensionais, aos quais é possível associar informações relevantes para a construção, tais como, custos, materiais, entre outros, ao longo do ciclo de vida da construção [25].

O desenvolvimento da tecnologia BIM tornou-se fundamental nas indústrias associadas a arquitetura, engenharia e construção (AEC).

O uso do software 3D BIM permite uma visualização mais detalhada e precisa do projeto, uma melhor colaboração entre equipes e uma otimização de tempo e custos.

3.1.2. O QUE FAZ UM MODELO SER BIM

Nas Fig.10 e Fig.11 pode-se observar dois modelos semelhantes desenvolvidos no software Revit, mas ao realizar-se uma análise é possível identificar algumas diferenças.

Ao selecionar-se o elemento presente na Fig.10 e consultando as propriedades deste percebe-se que não só está classificado como *Mass*, mas também todas as propriedades que este possui são típicas de uma massa, isto é, não passa de um modelo 3D genérico. No entanto, no elemento da Fig.11, este está classificado como *Stairs* onde é possível retirar nas suas propriedades algumas informações, tais como, o número de degraus, a largura da escada, entre outras. A análise feita a estes dois elementos mostra a importância de definir-se corretamente a informação nos modelos.

Atuando na qualidade de dono de obra a importância de definir quais os requisitos para os seus projetos e para as entidades que contratam é muito importante porque estes não querem receber um modelo que seja uma massa sem informação, a ideia é receberem um modelo que esteja bem classificado e bem definido para que possam extrair automaticamente a informação que pretendem.

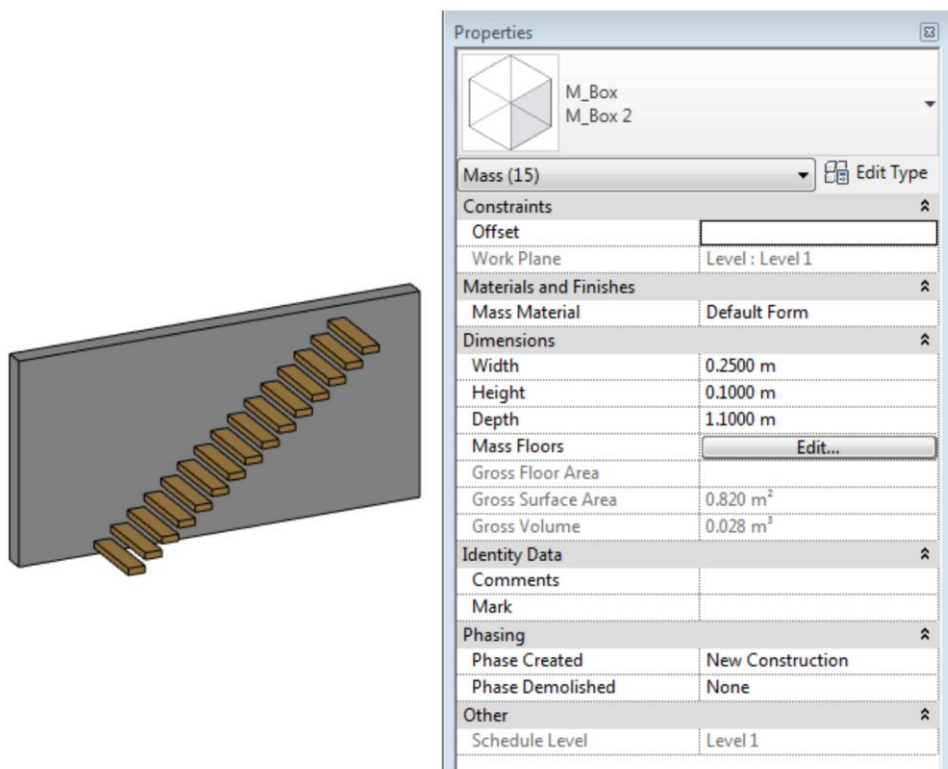


Fig.10 – Tabela de propriedades do elemento “Mass” [26]

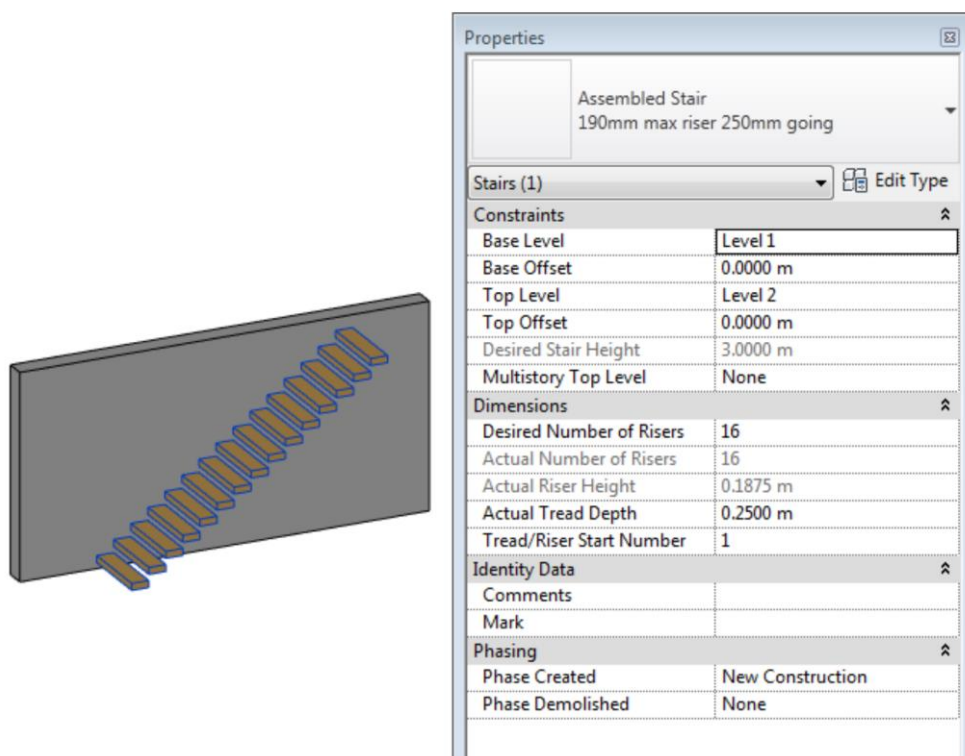


Fig.11 – Tabela de propriedades do elemento “Stairs” [26]

3.1.3. PERSPETIVA LEGAL NO USO DO BIM E CURVA DE MACLEAMY

O Reino Unido acabou por liderar a adoção, normalização e a implementação da metodologia a nível nacional. O BIM surge como uma componente estratégia global para reduzir a pegada carbónica do país na indústria da construção reduzindo os desperdícios, os riscos tornando os processos mais eficientes e ao mesmo tempo criando informação centralizada e o cadastro para uma melhor gestão dos ativos já na fase de operação dos edifícios [27]. Este pensamento que o BIM poderia ajudar surge com o gráfico da Fig.12.

O que se pretende é operar esta transição que é passar a curva do processo de conceção tradicional para uma fase mais antecipada, isto é, passar da fase de preparação de obra para a de projeto. A partir da curva 1 pode-se concluir que é na fase de projeto que se consegue testar mais soluções e ter um menor custo inerente a tal, ou seja, consegue-se estudar novas soluções e não ter um sobrecusto muito maior. A partir do momento que se aproxima da fase de construção o risco de estudar novas soluções começa a aumentar, de incorrerem alterações de projeto, portanto o que se pretende é antecipar os estudos para uma fase mais adiantada para mitigar potenciais riscos na construção.

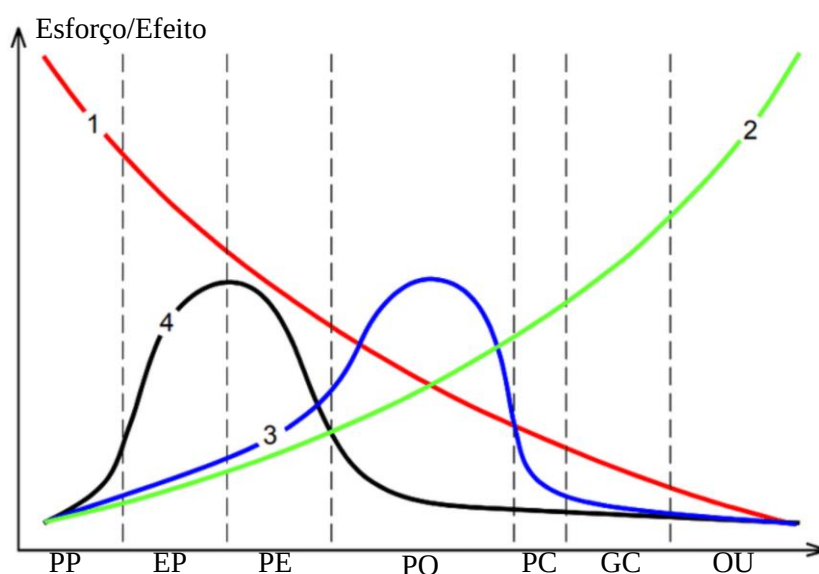


Fig.12 – Curva de Macleamy (adaptado de [28])

Quadro 5 – Legenda da Curva de Macleamy

PP	Programa Preliminar	Curva 1	Capacidade de influenciar custos e capacidade funcional
EP	Estudo Prévio	Curva 2	Custo de alterações ao projeto
PE	Projeto de Execução	Curva 3	Processo de conceção tradicional
PO	Preparação da Obra	Curva 4	Processo de conceção desejável
PC	Planeamento da Construção		
GC	Gestão da Construção		
OU	Operação e Utilização		

3.1.4. NÍVEL DE MATURIDADE BIM

A maturidade BIM normalmente é enquadrada no triângulo representado na Fig.13. Esta representação foi desenvolvida pelo BIM Task Group e define os diferentes níveis de maturidade BIM.

O nível 0 corresponde a uma utilização de CAD de forma não estruturada, ou seja, sem qualquer tipo de estruturas de layers e sem normalização de regras de nomenclatura. O nível 1 corresponde ao nível mais comum em Portugal que é uma utilização organizada de CAD. O nível 2, em termos práticos traduz-se na entrega do projeto em BIM. O nível 3 é uma definição normalizada da metodologia BIM, com processos colaborativos, com utilização da *cloud* para desenvolver o projeto em simultâneo fazendo *cloud work sharing*, que consiste em vários utilizadores, de várias empresas diferentes, e de várias especialidades diferentes, trabalhando no mesmo ambiente.

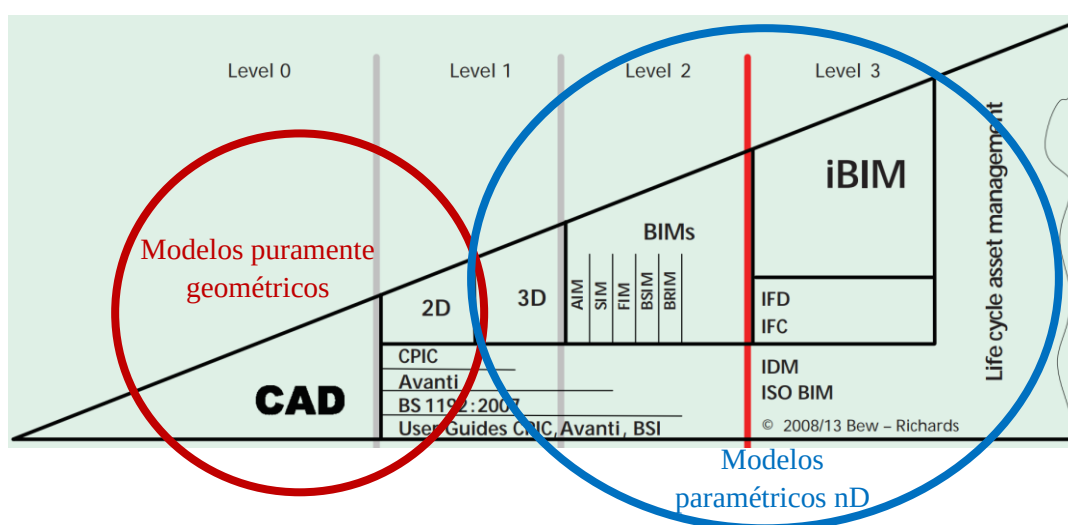


Fig.13 – Níveis de maturidade BIM (adaptado de PAS 1192-2:2013 [29])

Quadro 6 – Legenda do triângulo representado na Fig.13

IFC	Industry Foundation Classes
IFD	International Framework Dictionary
IDM	Information Delivery Manual
iBIM	Integrated BIM
CPIC	Construction Project Information Committee
AIM	Architectural Information Model
SIM	Structural Information Model
FIM	Facilities Information Model
BSIM	Building Services Information Model
BRIM	Bridge Information Model

3.1.5. GESTÃO DA INFORMAÇÃO

Ao longo do ciclo de vida do projeto e do edifício existem vários intervenientes e estes podem interagir de várias formas mais ou menos colaborativas.

Normalmente as trocas de informação entre intervenientes num fluxo tradicional são muito espalhadas e diretas de interveniente para interveniente, como se observa na Fig.14. Ou seja, existe uma fragmentação da forma como a informação é partilhada, isto é, a informação não é partilhada de forma muito centralizada e tende a não ser tão coordenada quanto desejável.

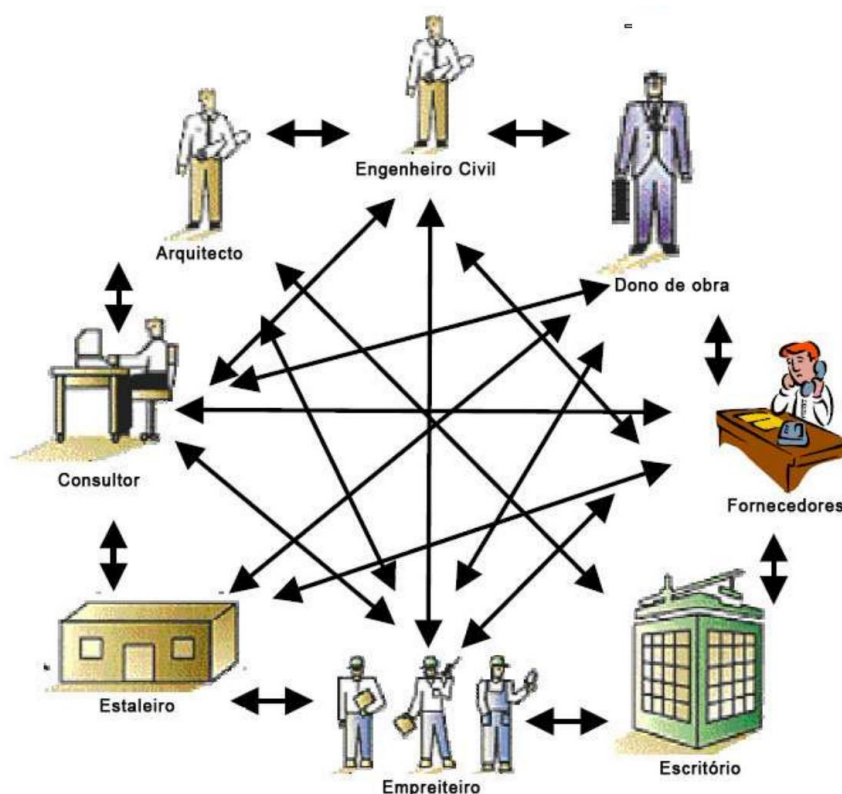


Fig.14 – Fluxo Tradicional [30]

O que a metodologia BIM possibilita é a transformação deste paradigma. Em vez de cada um enviar um desenho isolado, ou relatório descontextualizado o que se pretende é ter algo do género da Fig.15, onde se consegue, à volta do BIM trocar informação a partir do modelo e comunicar mais informação partilhando o modelo. Esta metodologia não quer dizer que se tem um único modelo central onde está toda a informação, mas sim que se partilha e comunica a partir dos modelos, é isto que se pretende e é uma forma mais informada e centralizada de trabalhar.

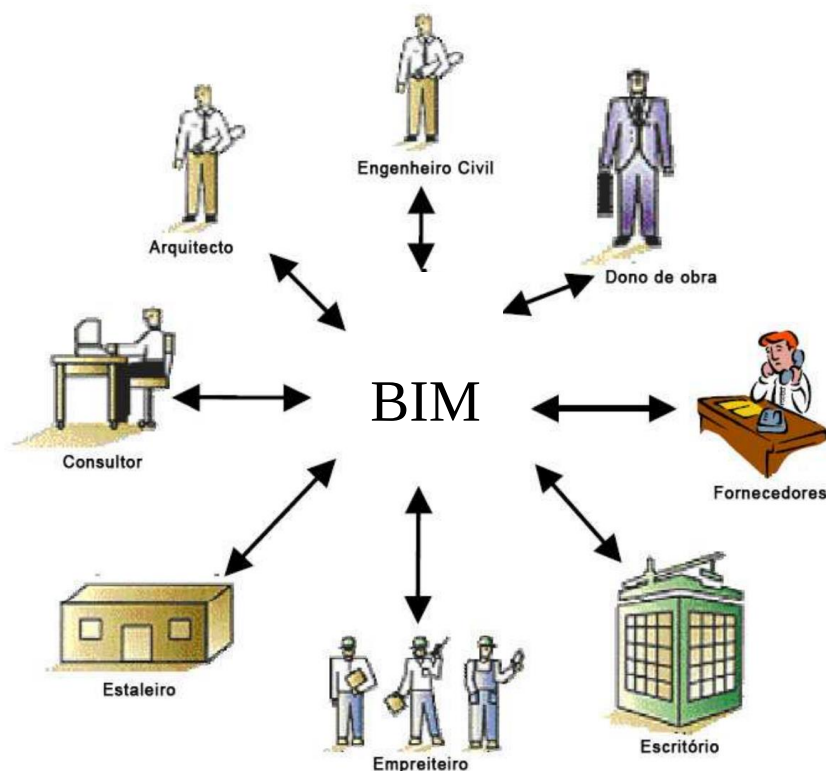


Fig.15 – Fluxo BIM (adaptado de [30])

O relatório de Latham em 1994 apontou que a má gestão, principalmente na transição entre as fases do processo construtivo, resulta num desperdício de cerca de 30% do valor total de custos, daí surge o conceito retratado na Fig.16 [31]. Na passagem entre fases normalmente ocorre sempre uma perda de informação considerável, ou seja, no estudo que é desenvolvido no projeto normalmente é gerada muito mais informação do que a informação que é transmitida para fases seguintes e apesar de parte desta informação apenas ser relevante para quem produz a sua especialidade/o seu projeto, também muitas vezes a informação que se perde também poderia ser relevante nas fases seguintes.

Normalmente as peças desenhadas e escritas constituem um resumo funcional. Caso fosse possível introduzir mais informação de forma consistente num único repositório muito provavelmente evitar-se-ia muitas destas perdas.

Normalmente a produção de telas finais carece de muita da informação que seria necessária para proceder à manutenção de edifícios, é precisamente nesta fase que existe uma grande perda de informação porque não existe um registo completo da informação do edifício.

A metodologia BIM combate esta situação, isto é, a partir do modelo define-se requisitos para definição de informação e centraliza-se essa informação no modelo que pode ser consultada nas fases posteriores.

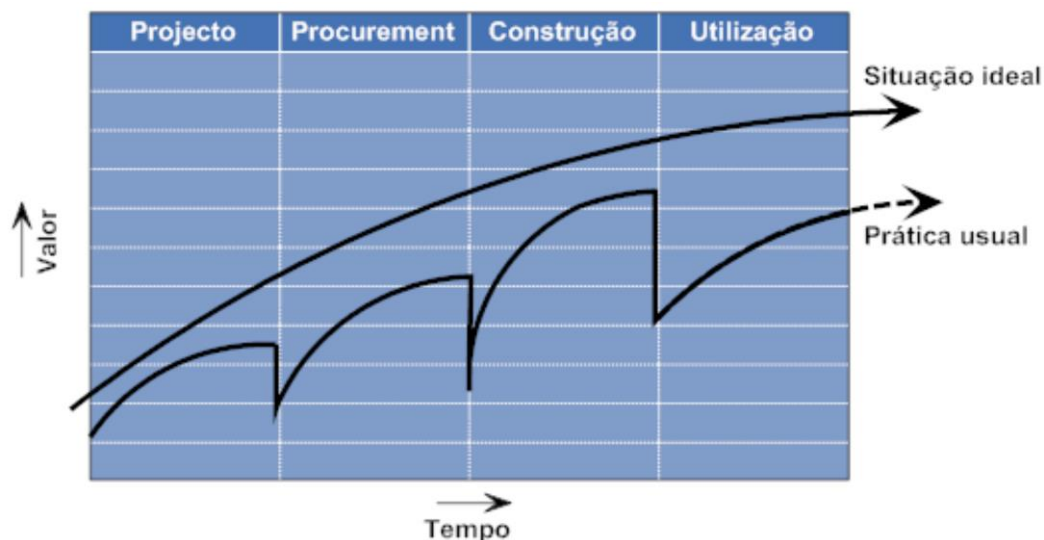


Fig.16 – Perda de valor entre as fases do processo construtivo (adaptado de Bernstein 2005 [32])

3.1.6. BIM vs CAD

Na Fig.17 observa-se uma cadeira representada em CAD e outra em BIM onde se introduz uma notação dizendo que aquele elemento é uma cadeira. Em CAD a informação é inserida numa caixa de texto num desenho, ou seja, é um texto livre. Já em BIM normalmente é uma anotação que vai buscar informação ao objeto e reporta essa informação no modelo.

De realçar que caso o objeto ou a informação sofram alterações, como é o caso da Fig.18, quando se muda a cadeira para uma secretária, em CAD a notação permanece, uma vez que, a notação se encontra definida como texto livre, mas no modelo BIM como a notação está a ser informada automaticamente pela especificação do objeto a notação é automaticamente atualizada. Esta diferença é crucial porque passa-se a classificar o objeto bem como a especificar a informação no mesmo, posteriormente toda a informação é retirada automaticamente do objeto.

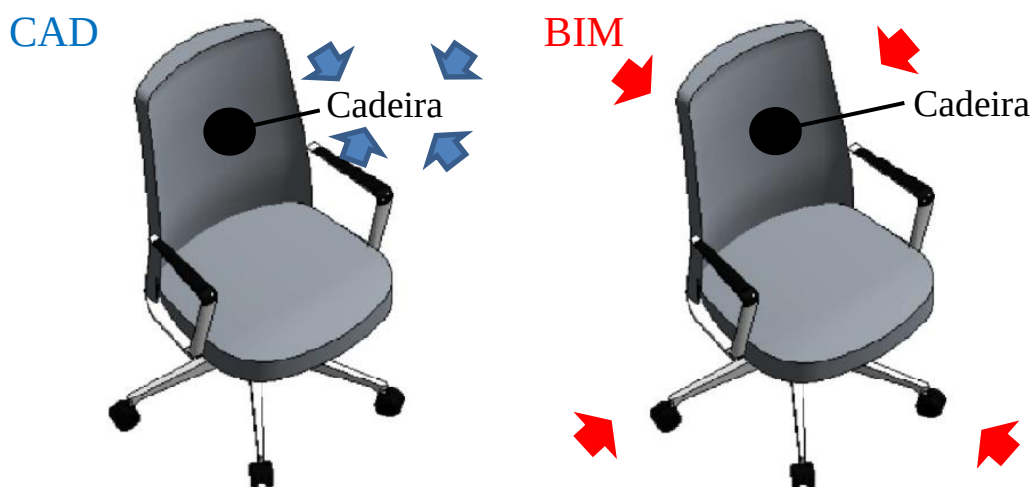


Fig.17 – Cadeira representada em CAD e BIM

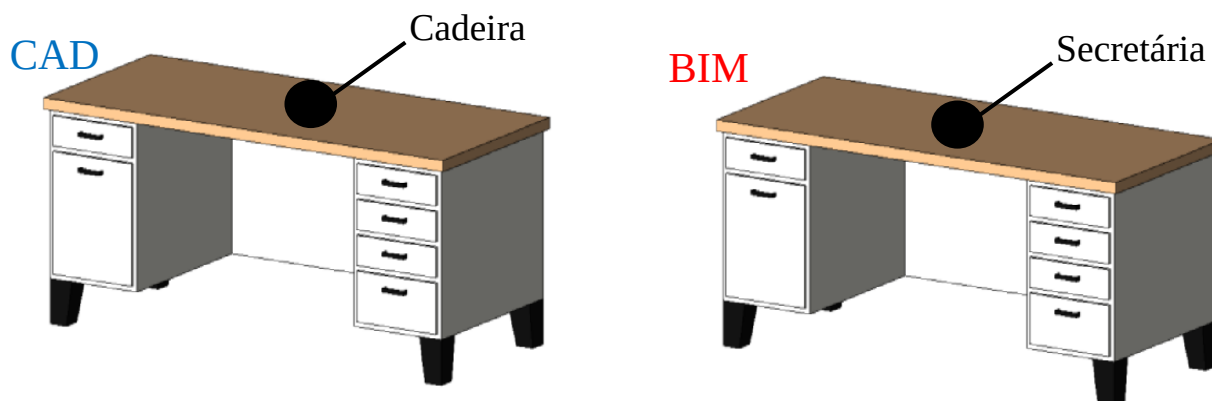


Fig.18 – Secretária representada em CAD e BIM

3.1.7. NORMALIZAÇÃO BIM

Existem duas abordagens de implementação designadas “Top Down” que se trata de uma iniciativa governamental como se verifica em países como Reino Unido e Singapura onde o governo propôs-se a criar e adotar uma metodologia de utilização das ferramentas BIM criando toda a normalização e definindo todas as diretivas, por via disto, a metodologia acabou por chegar à indústria.

Noutros países, tais como, Estados Unidos, Finlândia, Noruega, Austrália, Hong Kong e Brasil houve uma abordagem de implementação “Bottom Up”, ou seja, os projetistas e as entidades aperceberam-se das vantagens na utilização da metodologia e iniciaram o desenvolvimento das suas próprias normas e metodologias, mais tarde acaba por chegar ao governo que, posteriormente começa a exigir a aplicação da metodologia.

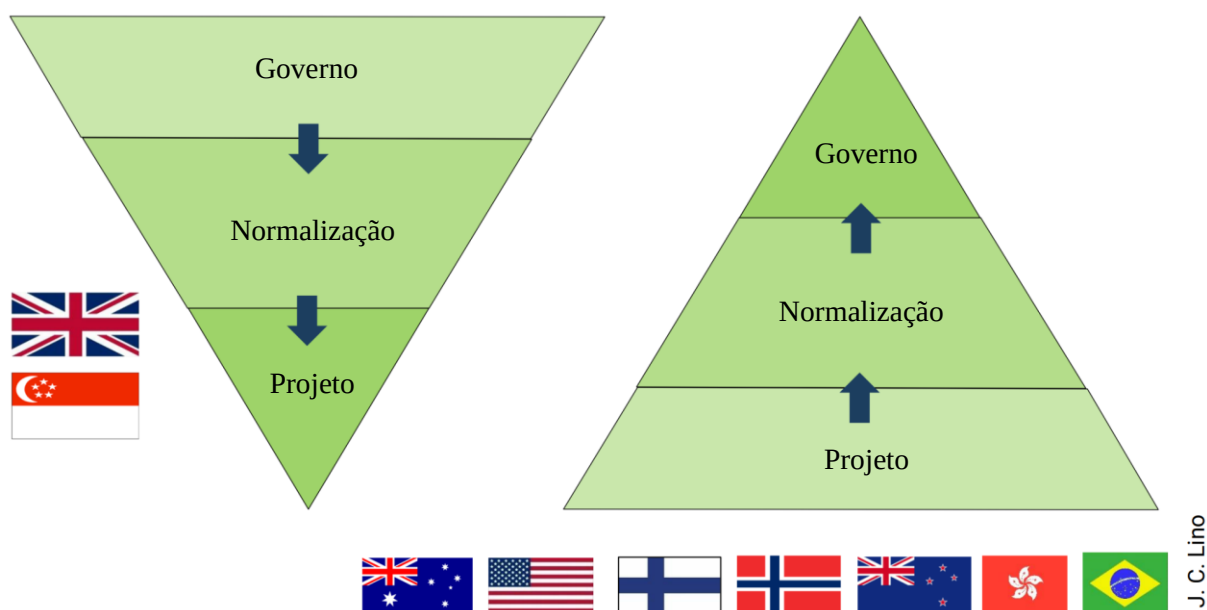


Fig.19 – Top Down vs Bottom Up (adaptado de [26])

De forma análoga em iniciativas da indústria para o governo temos o exemplo do Common BIM Requirements (COBIM) na Finlândia onde esta entidade acabou por desenvolver um conjunto de boas praticas por especialidade e definiu este tipo de boas praticas para serem adotadas não com caráter normativo, mas com caráter de boa prática incentivando as pessoas a adotar boas práticas de desenvolvimento de projeto arquitetura, estruturas, instalações mecânicas etc.

Em Portugal não há normas para implementação, no entanto, existe a Comissão Técnica 197 (CT197) composta por agentes da academia e da indústria onde procuram com o contributo das várias entidades lançar uma série de documentos e propostas para normalizar a adoção da metodologia BIM em Portugal.

3.1.8. DIMENSÕES DO BIM

Um modelo BIM, consoante o seu nível de informação, pode ter diferentes dimensões ou “nD modelling”. Tipicamente os BIM são subdivididos em cinco dimensões padrão, sendo que, as novas dimensões ainda se encontram em debate e dispõem de poucos estudos na área.

No Quadro 7 é possível observar as várias dimensões do BIM

Quadro 7 – Dimensões BIM

	nD modelling	Descrição
Dimensões Padrão	3D	Modelagem tridimensional
	4D	Planeamento
	5D	Orçamento
	6D	Sustentabilidade
	7D	Gestão dos ativos
Novas Dimensões	8D	Segurança na fase de projeto e construção da obra
	9D	Construção enxuta
	10D	Industrialização da construção

A primeira dimensão do BIM corresponde à modelagem tridimensional que permite a visualização do modelo em 3D.

Para além, dos modelos 3D referentes ao espaço euclidiano, os BIM possuem uma quarta dimensão com a inclusão do fator tempo e planeamento que permite uma sensibilização para o progresso das atividades durante o ciclo de vida do projeto. Na quinta dimensão do modelo é possível atribuir informação relativa a custos de elementos do edifício facilitando posteriormente o processo de orçamentação. A sexta dimensão recai no desempenho da sustentabilidade de elementos em resposta à preocupação com a eficiência energética e à sustentabilidade dos edifícios.

Por último, a sétima dimensão destina-se ao Facility Management (FM) que se dedica à gestão e manutenção do edifício durante o ciclo de vida do mesmo. O BIM 7D é capaz de gerir dados relativos a componentes, garantias, manuais de manutenção, entre outras [33] [34].

3.1.9. LEVEL OF DEVELOPMENT (LOD)

O LOD é um sistema de classificação do grau de detalhe e precisão que um determinado modelo BIM possui. Os LOD pretendem definir uma escala que seja progressiva de desenvolvimento tanto gráfico como de informação do modelo para que se possa de uma forma muito prática controlar e antecipar qual é o esforço de modelação pretendido para uma determinada fase de projeto ou para o fim a que se destina. Resumindo, LOD é uma medida de quantidade de informação fiável.

De seguida apresentam-se os requisitos mínimo dos LODs desenvolvidos e implementados pelo American Institute of Architects (AIA) de acordo com o documento AIA G202-2013 [35].

- LOD 100: o elemento pode ser representado graficamente no modelo com um símbolo ou outra representação genérica, mas não cumpre os requisitos de um LOD 200. É normalmente utilizado nas fases iniciais de projeto.
- LOD 200: o elemento é representado graficamente no modelo como um sistema genérico, um objeto, ou um conjunto com quantidades aproximadas, tamanho, forma, localização e orientação. Também podem ser anexadas informações não gráficas ao elemento. É normalmente utilizado nas fases de desenvolvimento de projeto.
- LOD 300: o elemento é representado graficamente no modelo como um sistema específico, um objeto ou um conjunto em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. Também podem ser anexadas informações não gráficas ao elemento.
- LOD 400: o elemento é representado graficamente no modelo como um sistema específico, um objeto ou um conjunto em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação com detalhe, fabricação, montagem e informações de instalação. Também podem ser anexadas informações não gráficas ao elemento.
- LOD 500: o elemento do modelo é uma representação verificada em campo em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação. Também podem ser anexadas informações não gráficas ao elemento.

O LOD define o conteúdo de um projeto BIM em diferentes fases, à medida que o projeto avança vai enriquecendo com informações, facilitando a comunicação e troca de dados entre os intervenientes.

Na Fig.20 é possível observar os vários níveis de desenvolvimento, desde o LOD 100 até ao LOD 500, com diferentes níveis de detalhe gráfico e de informação.

LEVEL of DEVELOPMENT

LOD 100

LOD 200

LOD 300

LOD 400

LOD 500



Concept (Presentation)

Design Development

Documentation

Construction

Facilities Management

DESCRIPTION:
Office Chair
Arms, Wheels
WIDTH:
700
DEPTH:
450
HEIGHT:
1100
MANUFACTURER:
Herman Miller, Inc.
MODEL:
Mirra
LOD:
100

DESCRIPTION:
Office Chair
Arms, Wheels
WIDTH:
700
DEPTH:
450
HEIGHT:
1100
MANUFACTURER:
Herman Miller, Inc.
MODEL:
Mirra
LOD:
200

DESCRIPTION:
Office Chair
Arms, Wheels
WIDTH:
700
DEPTH:
450
HEIGHT:
1100
MANUFACTURER:
Herman Miller, Inc.
MODEL:
Mirra
LOD:
300

DESCRIPTION:
Office Chair
Arms, Wheels
WIDTH:
685
DEPTH:
430
HEIGHT:
1085
MANUFACTURER:
Herman Miller, Inc.
MODEL:
Mirra
LOD:
400

DESCRIPTION:
Office Chair
Arms, Wheels
WIDTH:
685
DEPTH:
430
HEIGHT:
1085
MANUFACTURER:
Herman Miller, Inc.
MODEL:
Mirra
PURCHASE DATE:
01/02/2013

(Only data in red is useable)

practicalBIM.net © 2013

Fig.20 – Level of Development (McPhee, A., 2013 [36])

Na Fig.21 é possível verificar que o esforço que cada LOD exige evolui de forma exponencial, daí os modelos BIM por norma possuírem um LOD mais baixo.

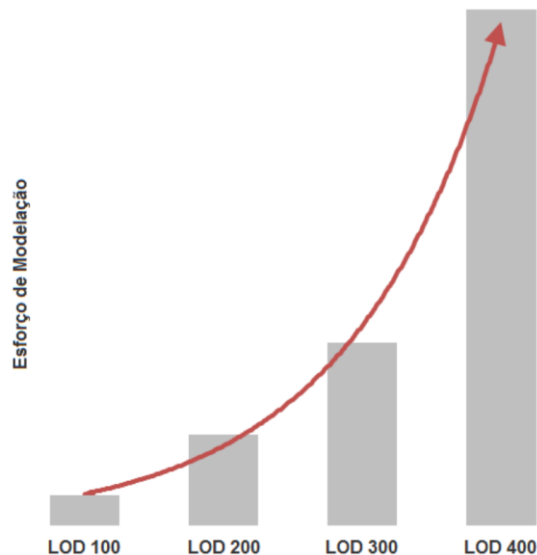


Fig.21 – Esforço vs LOD (Silva, J., 2013 [26])

3.1.10. OPEN AND CLOSE BIM

Open BIM e Close BIM são duas abordagens referentes ao nível de interoperabilidade entre as ferramentas de software e os intervenientes do projeto.

O Open BIM é uma abordagem colaborativa para o BIM que destaca a interoperabilidade e os padrões abertos. Um formato aberto como IFC, COBie, gbXML, entre outros, é uma especificação técnica de domínio público, utilizada para a descrição e o armazenamento de dados digitais sem restrições legais para seu uso. Ou seja, o formato de dados é de domínio público, não pertencendo assim a nenhum fabricante.

O Close BIM é uma abordagem que depende apenas de uma única ferramenta de software que cria, modifica e troca os dados. Esta abordagem não é tão flexível ou interoperável com outras ferramentas em comparação com o Open BIM [37].

3.1.11. STANDARDS

3.1.11.1. IFC – ISO 16739

De acordo com a norma ISO 16739 o Industry Foundation Classes (IFC) é um formato aberto que permite o armazenamento e troca de informação de modelos BIM.

O IFC é um formato de dados aberto e neutro para compartilhamento de informações entre diferentes aplicativos de software usados na AEC. O IFC foi desenvolvido pela International Alliance for Interoperability (IAI), que agora é conhecida como buildingSMART International.

O IFC é um padrão para representar dados da indústria de construção em um formato digital legível por humanos e por máquinas. Ele permite a troca de dados entre diferentes aplicativos de software usados na indústria de AEC, independentemente do fornecedor ou plataforma de software.

O IFC contém um conjunto abrangente de definições de dados, incluindo formas geométricas, propriedades físicas, relações espaciais e outras informações relevantes sobre elementos de construção. Isso permite que diferentes aplicativos de software compartilhem informações sobre elementos de construção, como paredes, portas, janelas e outros componentes de maneira consistente e padronizada.

O IFC é uma ferramenta importante para melhorar a interoperabilidade e a colaboração entre as diferentes partes interessadas envolvidas no projeto, construção e operação de edifícios. Tornou-se cada vez mais importante na indústria da construção, pois ajuda a reduzir erros e melhorar a eficiência, permitindo a troca de informações entre diferentes aplicativos de software.

3.1.11.2. PAS 1192 E ISO 19650

Através das Publicly Available Specification (PAS) desenvolvidas no Reino Unido foi desenvolvida a ISO 19650 que em termos de metodologia e processo são muito semelhantes baseando-se nos mesmos princípios a diferença são mudanças na nomenclatura e os procedimentos são mais genéricos. Como a ISO é uma referência de normalização, para que o seu standard seja aplicável a qualquer tipo de realidade foi necessário retirar da PAS o que era exclusivo do Reino Unido e desenvolver uma metodologia mais abrangente. A ISO 19650 é definida como “Organização e digitalização da informação de edifícios e infraestruturas civis, incluindo modelação e gestão da informação utilizando metodologias Building Information Modeling” [38].

3.1.12. SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO DE ELEMENTOS

3.1.12.1. INTRODUÇÃO

De forma a facilitar o processamento, comunicação e partilha de informações dos diferentes elementos presentes num modelo BIM foram desenvolvidos os sistemas de classificação de elementos.

Apesar de existirem vários sistemas de classificação o autor apenas irá abordar o sistema Secclass (Sustainability Enhanced Construction Classification System).

3.1.12.2. ESTRUTURA DO SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO SECCLASS

O sistema de classificação Secclass é uma tradução e adaptação à língua e realidade portuguesa tendo por base o sistema UniClass 2015 desenvolvido pela National Building Specification (NBS) do Reino Unido [39].

A Fig.22 apresenta a organização do sistema Secclass de forma hierárquica em doze tabelas.

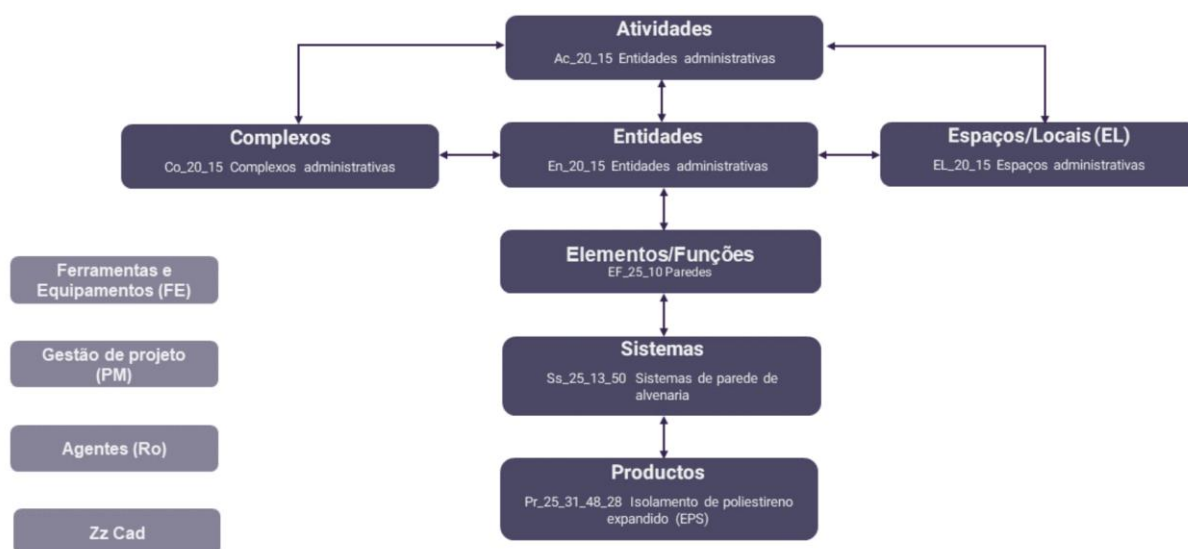


Fig.22 – Organização hierárquica do sistema Secclass [39]

Segue-se a descrição de cada uma das tabelas no Quadro 8 [39]:

Quadro 8 – Descrição das tabelas do Sistema Secclass

Tabela Complexos (Co)	“Descreve o projeto em termos gerais”
Tabela Entidade (En)	“Descreve um edifício ou infraestrutura”
Tabela Atividades (Ac)	“Define atividades que podem ser desenvolvidas em complexos, entidades ou espaços”
Tabela Espaços/Locais (EL)	“Descreve os espaços onde se desenvolvem as atividades”
Tabela Elementos/Funções (EF)	“Descreve de forma geral as funções dos componentes do edifício: pavimentos, paredes, coberturas, abastecimento de água”
Tabela Sistemas (Ss)	“Define conjuntos de elementos que cumprem uma função, tal como ventilação, suporte estrutural, separação entre espaços”
Tabela Produtos (Pr)	“Define produtos individuais que constituem os sistemas, que por sua vez constituem a obra. Tabela usada para descrever em detalhe cada elemento”
Tabela Ferramentas e Equipamento (TE)	“Define equipamentos, ferramentas e instalações necessárias à construção e sua manutenção”
Tabela Gestão de Projeto (PM)	“Define as atividades de gestão de projeto a utilizar ao longo de todo o ciclo de vida de uma construção”
Tabela Formas de Informação (FI)	“Define, por exemplo, memorandos, modelos tridimensionais, desenhos, relatórios, etc”
Tabela Agentes (Ro)	“Define os diferentes intervenientes da construção”
Tabela CAD (Zz)	“Define a nomenclatura de layers de CAD”

3.2. LASER SCANNING

3.2.1. FUNCIONAMENTO

A tecnologia laser scanning também denominada por LiDAR (Light Detection and Ranging) é uma tecnologia utilizada com intuito de obter uma imagem tridimensional de um objeto ou mesmo de um ambiente medindo distâncias precisas e relações espaciais.

Esta tecnologia consiste em varreduras a laser scanner para capturar a forma, o tamanho e os detalhes de um objeto ou ambiente.

O princípio do funcionamento da tecnologia baseia-se no cálculo do tempo que um feixe de laser demora a atingir uma superfície e a ser refletido até ao scanner. Sabendo que a velocidade do feixe é constante deduz-se a distância. O scanner a partir desses dados cria um modelo tridimensional ou nuvem de pontos do objeto ou ambiente.

A digitalização a laser é comumente usada na indústria AEC para criar modelos 3D precisos de espaços, edifícios, ou outras estruturas. Ele também pode ser usado para simulações energéticas e de sustentabilidade, inspeções de edifícios antigos, serviços de mercado imobiliário, entre outros [24].

3.2.2. LASER SCANNING VS FOTOGRAMETRIA

O laser scanning e a fotogrametria são tecnologias distintas, no entanto, com o mesmo intuito que é a captura de dados espaciais.

A tecnologia laser scanning é capaz de fornecer varreduras mais detalhadas e medições mais precisas de áreas superiores, o que a torna adequada para captura de geometria detalhada, para estruturas complexas, no entanto, pode ser bastante dispendiosa exigindo bastante tempo de operação.

Em contrapartida, a fotogrametria dependendo da resolução pretendida produz centenas ou milhares de fotos que devem ser analisadas e unidas para produzir uma nuvem de pontos 3D. Através da análise da posição e orientação das várias imagens sobrepostas cria modelos 3D de objetos e ambientes. Esta tecnologia em relação ao laser scanning é mais económica e o seu processo é menos demorado, no entanto, apresenta algumas limitações no levantamento de campo, nomeadamente nas condições de luminosidade exigidas para uma boa varredura [40].

3.2.3. SCAN TO BIM

Scan to BIM é o termo utilizado ao processo de transformação de uma nuvem de pontos num modelo BIM. Este processo baseia-se no levantamento de uma nuvem de pontos com o laser scanner, no processamento da mesma e por último no desenvolvimento do modelo BIM.

A primeira fase relativa ao levantamento da nuvem de pontos não apresenta grandes dificuldades, no entanto, pode ser um processo demorado consoante o número de estações necessárias.

A fase de processamento destina-se à eliminação dos pontos irrelevantes que resultam de erros, como pessoas em movimento, reflexões indesejadas, ou mesmo presença de mobiliário, reduzindo o tamanho do ficheiro melhorando a eficiência do modelo BIM. Esta fase além de ser bastante demorada também exige bastante trabalho de escritório. De realçar, que no que diz respeito à praticabilidade, as tecnologias atuais de processamento de nuvens de pontos ainda estão pouco desenvolvidas [41].

Posteriormente, inicia-se a modelação do modelo constituída por três etapas, sendo elas, a modelação geométrica dos vários objetos, a atribuição de categorias e propriedades de materiais aos mesmos, e por último estabelecer as relações entre eles [13]. No subcapítulo 5.5 aborda-se este procedimento com mais pormenor.

3.2.4. SOFTWARES

3.2.4.1. LEICA CYCLONE

O Leica Cyclone é um software desenvolvido pela Leica Geosystems, e um dos mais conhecidos para o processamento, análise e gestão das nuvens de pontos provenientes do laser scanner. Este software possui vários módulos, destacando-se os seguintes:

Cyclone Field 360: é o módulo para levantamento de dados de nuvens de pontos em campo usando dispositivos móveis

Cyclone Register 360: é o módulo para o registo e alinhamento das nuvens de pontos. Ele permite fazer uma sobreposição correta dos pontos e a criação de um modelo contínuo

Cyclone Model: é o módulo que permite a criação de modelos 3D a partir das nuvens de pontos

Cyclone Survey: é o módulo que oferece ferramentas para medições, tais como, distâncias, áreas, volumes

Cyclone Server: é o módulo que permite a um conjunto de intervenientes, o acesso às nuvens de pontos

Cyclone Importer: é o módulo para a importação de dados provenientes do scanner

Cyclone Publisher: é o módulo para publicação de modelos 3D

3.2.4.2. AUTODESK RECAP PRO

Este software é normalmente o adotado para a fase de processamento da nuvem de pontos, destinada à eliminação dos pontos irrelevantes, pois o facto de ser um produto da Autodesk garante que não haverá nenhuma incompatibilidade quando a nuvem de pontos, depois de processada, for importada para o software Revit.

3.2.4.3. AUTODESK REVIT

O Autodesk Revit é um software de modelação BIM utilizado no setor da construção para criar modelos 3D detalhados.

4

INTRODUÇÃO À EMPRESA E AO CASO DE ESTUDO

4.1. ENQUADRAMENTO DA “EMPRESA DE ACOLHIMENTO”

A presente dissertação tem dois grandes objetivos, sendo eles, o uso da tecnologia BIM para a manutenção de edifícios, assim como, o desenvolvimento de um modelo BIM sobre uma nuvem de pontos obtida pelo laser scanner. Tendo em conta que a dissertação foi realizada em ambiente empresarial, na “Empresa de Acolhimento” (EA) permitiu a realização de um caso de estudo estabelecido pela empresa e pelo autor para acompanhar a problemática em estudo.

O autor contou com o acompanhamento de um orientador da empresa para evitar a divulgação de informações sigilosas da EA. Atendendo ao facto de que a identificação da empresa e do edifício caso de estudo não afeta o estudo científico, o autor preservou o anonimato denominando-os respetivamente como “Empresa de Acolhimento” e “Edifício G”.

O presente capítulo destina-se a uma breve descrição da empresa e uma apresentação do caso de estudo.

4.2. APRESENTAÇÃO DA “EMPRESA DE ACOLHIMENTO”

Como já referido esta dissertação foi realizada em ambiente empresarial, na EA, que se trata de uma Câmara Municipal.

Uma Câmara Municipal é o órgão executivo do município cuja missão é definir e executar políticas com o propósito de desenvolver o concelho em várias áreas.

Uma Câmara possui vários serviços, tais como, elaboração de leis municipais, aprovação do orçamento municipal, prestação de serviços públicos, administração dos recursos do município, promoção do desenvolvimento económico e social, entre outros. De realçar que todos estes serviços contribuem para uma melhor qualidade de vida e segurança de todos os cidadãos do município.

4.3. ESTRUTURA DA “EMPRESA DE ACOLHIMENTO”

O Despacho nº 10302/2022 define a estruturação e organização dos serviços da EA.

Como se pode ver no organograma na Fig.23, a organização dos serviços da EA segue um modelo hierárquico sendo constituída por unidades orgânicas nucleares e flexíveis.

A estrutura nuclear do serviço é constituída por departamentos e direções municipais. A estrutura flexível pretende garantir que os serviços são adequados às exigências de operação e de automação dos recursos.

Tendo em conta a problemática em estudo o autor foi inserido na Divisão de Edifícios Municipais que integra no Departamento de Conservação.

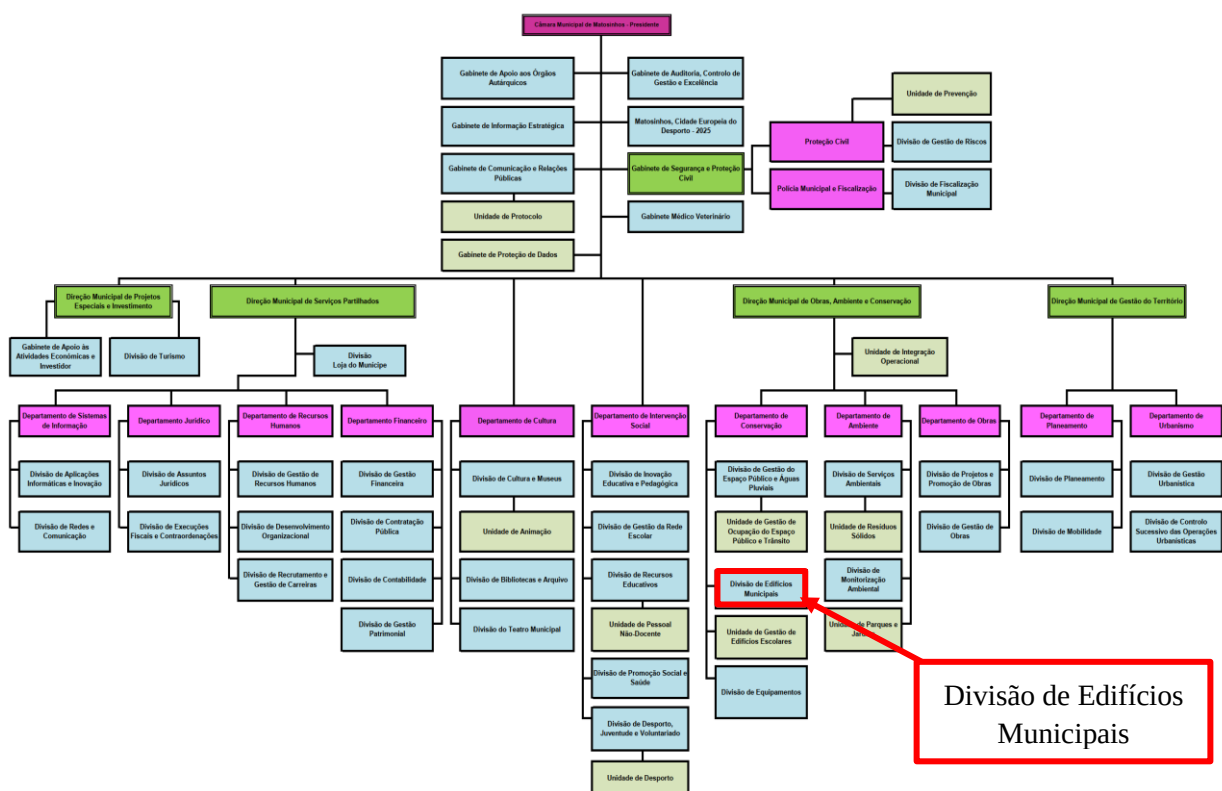


Fig.23 – Organograma da EA

4.4. APRESENTAÇÃO DO CASO DE ESTUDO

O “Edifício G” pertence a um complexo e a Fig.24 permite identificar a sua localização.

De acordo com o sistema de classificação nacional Secclass o “Edifício G” é classificado como uma entidade de escritórios com várias ocupações, o que corresponde ao código En_20_15_10.

O “Edifício G” tem uma área bruta de construção aproximadamente de 2150 m² e um pé direito de 2,8 m, apresenta uma cobertura plana e estima-se que estruturalmente seja composto por uma laje de 30 cm.

Este edifício também apresenta três tipos de revestimentos para pavimentos, sendo eles nomeadamente, ladrilhos cerâmicos nas instalações sanitárias, linóleo nos corredores e carpete nos escritórios.

Após consulta das plantas do edifício identifica-se dois tipos de paredes, uma parede interior de gesso cartonado (reboco e acabamento + tijolo de 11 + reboco e acabamento), e uma exterior de tijolo à vista (tijolo de 13 à vista + camada de ar 6 + tijolo de 30 + reboco e acabamento interior).

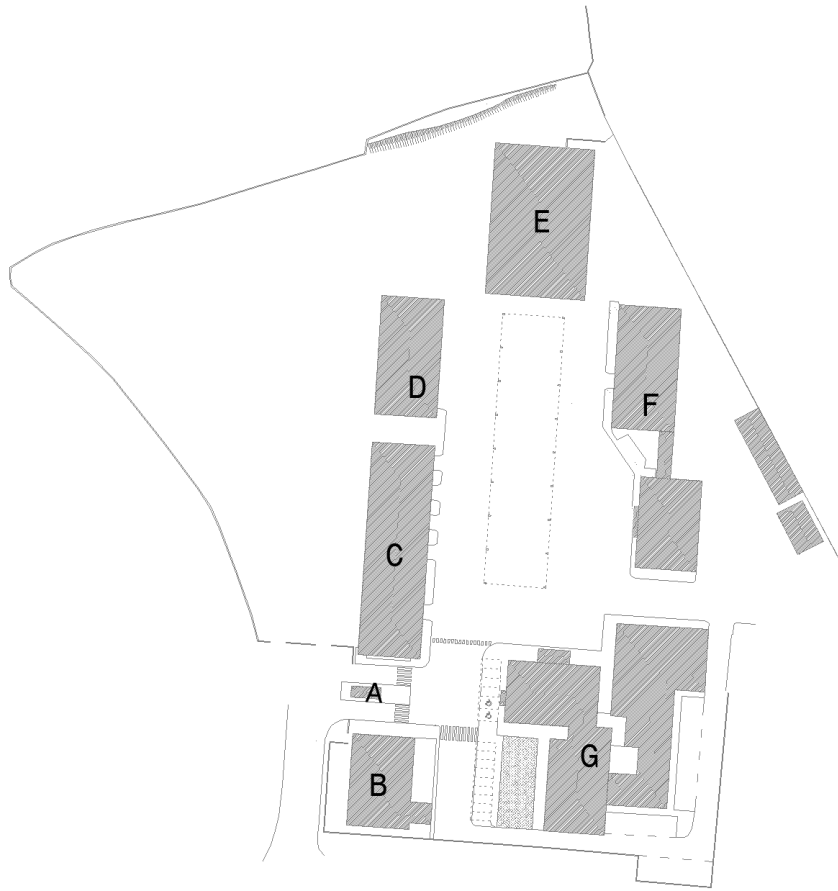


Fig.24 – Identificação do “Edifício G”

As Fig.25 e Fig.26 que se seguem representam as plantas do R/C e do Piso 1, respetivamente do “Edifício G”.

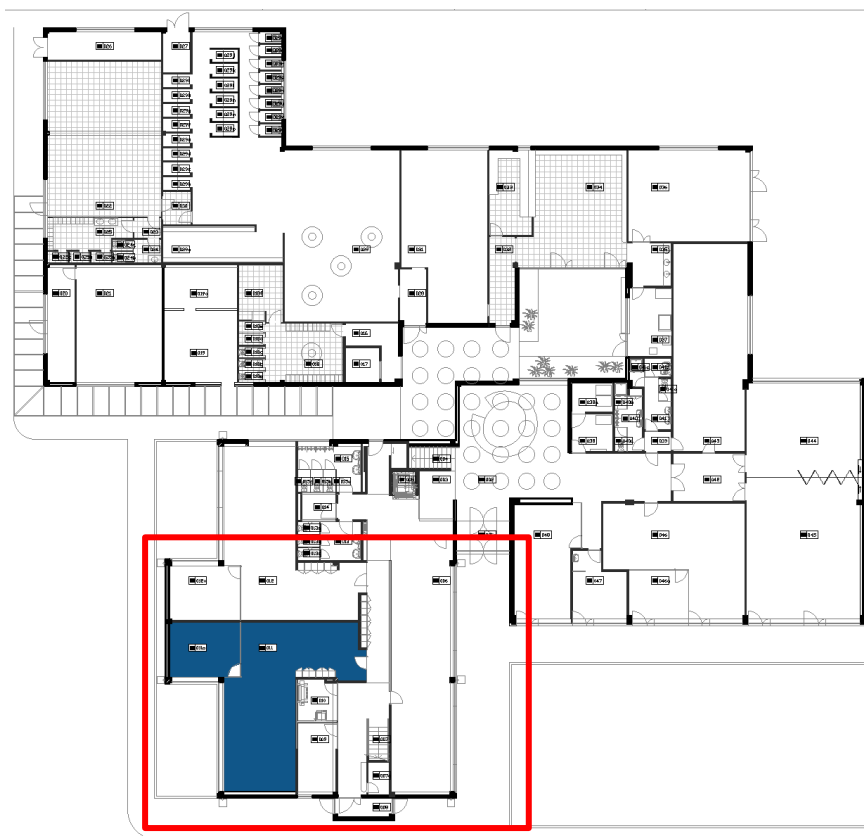


Fig.25 – Planta do R/C do “Edifício G”

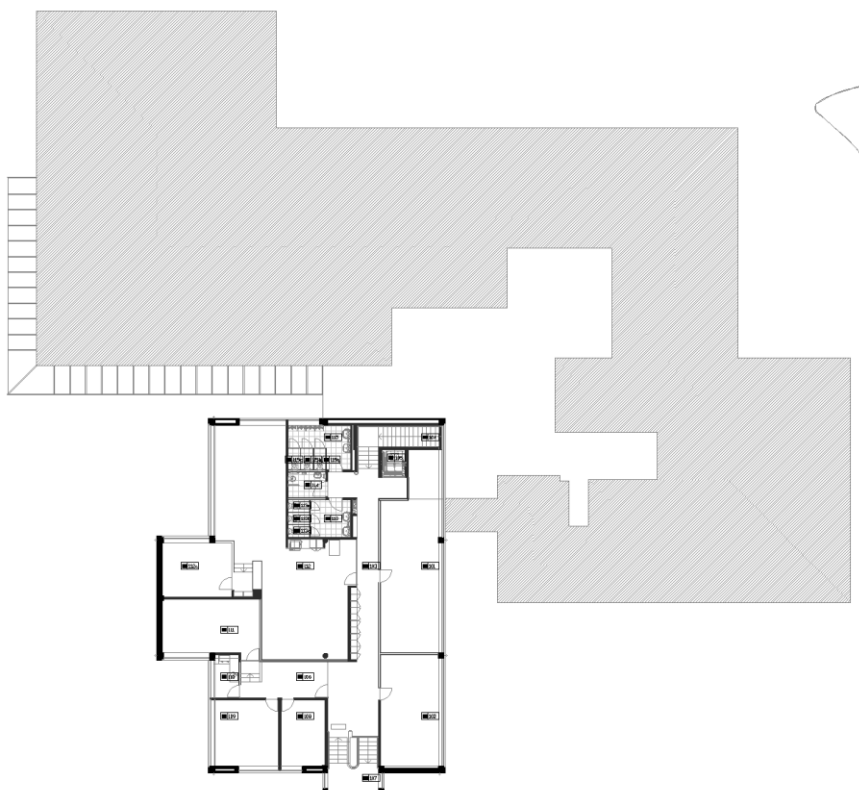


Fig.26 – Planta do Piso 1 do “Edifício G”

Tendo em conta que o desenvolvimento do modelo BIM referente ao “Edifício G” exigiria bastante poder de processamento, optou-se por desenvolver um modelo de menor escala, nominado “Espaço G”, sendo este, classificado como um espaço destinado a escritórios, ao qual está associado o código SL_20_15_59. A sequência de imagens desde a Fig.27 até à Fig.31 permite recolher várias informações, entre as quais, destacam-se, as seguintes: o espaço admite paredes interiores de gesso cartonado e exteriores de tijolo à vista, possui um pavimento revestido em carpete, possui janelas duplas de alumínio, entre outras.



Fig.27 – Planta do “Espaço G” a modelar



Fig.28 – Foto do interior no local A



Fig.29 – Foto do interior no local B



Fig.30 – Foto do exterior no local C



Fig.31 – Foto do exterior no local D

5

PROPOSTA DE GUIA

5.1. INTRODUÇÃO

O presente capítulo pretende apresentar o fluxo de trabalhos desde o desenvolvimento de um modelo BIM com recurso à tecnologia laser scanning, até à implementação de conteúdos de manutenção aos EFM do próprio modelo.

O fluxograma da Fig.32 apresenta uma proposta de fluxo com sete fases. A primeira fase é destinada à definição de objetivos e estratégias a utilizar. Segue-se o levantamento das nuvens de pontos e seu processamento, sendo estas fases, também designadas por trabalho de campo e de escritório respetivamente. Uma vez, concluída a fase de processamento, efetua-se a modelação do espaço desejado sobre a nuvem de pontos. Uma vez, finalizado o modelo, classifica-se os EFM de acordo com o sistema Secclass e desenvolve-se uma base de dados em Excel com fichas de manutenção. Por último executam-se rotinas Dynamo para importar e exportar essa informação do Revit.

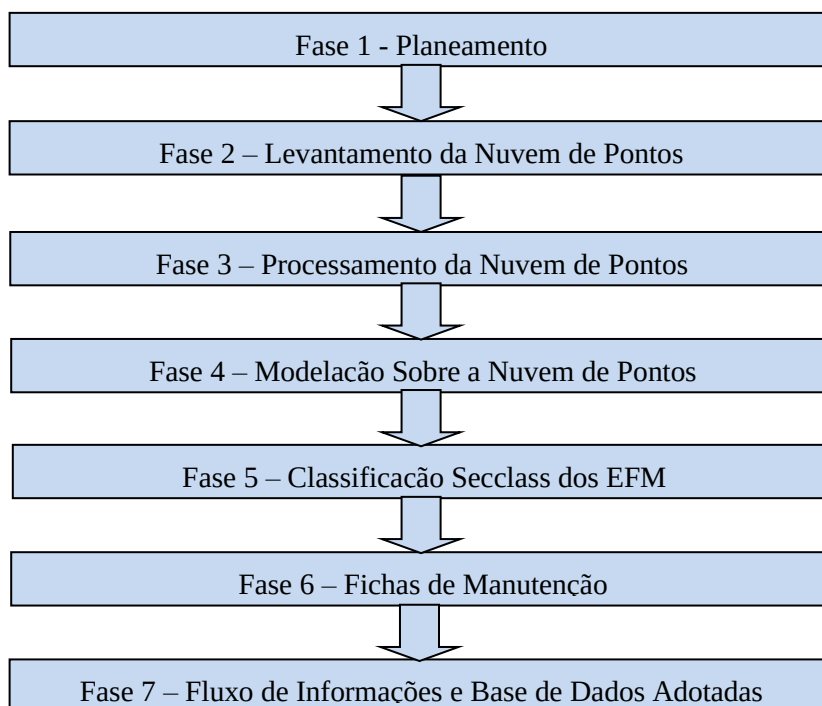


Fig.32 – Fluxo de Trabalhos

Os subcapítulos que se seguem pretendem clarificar cada uma das fases previamente anunciadas.

5.2. PLANEAMENTO

Como já referido, a primeira fase do fluxo de trabalhos é o planeamento do trabalho de campo, para que o processo de levantamento das nuvens de pontos seja o mais eficiente possível e realizado num curto período de tempo. Para a realização desta fase é aconselhada a realização de uma visita ao local, assim como, uma análise às plantas do projeto, caso estas existam, para uma melhor perceção do espaço. Por último definir a localização das estações.

5.2.1. VISITA AO LOCAL E ANÁLISE DA PLANTA

Tendo a visita ao local e a análise da planta o objetivo de uma melhor perceção do espaço, as informações que retiramos são distintas. A análise da planta permite uma visão mais global do espaço, o que facilita na previsão do número de estações a executar, assim como, as suas respetivas localizações. Por outro lado, a visita ao local permite a verificação de eventuais alterações estruturais que não estejam de acordo com o projeto, ou a existência de elementos que impeçam localizações previstas de estações. Na visita ao local é aconselhável registrar imagens de zonas que possam posteriormente suscitar dúvidas evitando a necessidade de novas deslocações.

5.2.2. LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES

No contexto da tecnologia laser scanning, o termo estação refere-se à posição que o laser scanner assume durante um determinado varrimento.

A localização das estações é um aspeto muito importante no planeamento do levamento de uma nuvem de pontos.

Um menor número de estações reflete-se tanto numa redução do trabalho de campo como de escritório.

O número de estações relaciona-se com a dimensão da área de estudo, a sua complexidade, assim como, o nível de detalhe pretendido na nuvem de pontos.

Para criar-se uma nuvem de pontos contínua e precisa é necessário garantir linhas de visão adequadas entre estações para garantir a existência de pontos comuns dos variados scans obtendo assim uma sobreposição adequada.

Um aspeto a ter em conta é o facto, que superfícies altamente refletivas comprometem a precisão na captação de pontos, aumentando assim o ruído.

5.3. LEVANTAMENTO DA NUVEM DE PONTOS

A partir do momento que a fase de planeamento esteja concluída inicia-se a fase de levantamento das nuvens de pontos com recurso ao laser scanner Leica BLK 360. O trabalho de campo baseia-se nas seguintes tarefas: montagem da estação, ligar o laser scanner, escolha do nível de densidade dos scans e união dos mesmos.

5.3.1. MONTAGEM DA ESTAÇÃO

A montagem da estação segue os seguintes passos, tal como apresenta a Fig.33:

1. Desdobrar o tripé e estender as pernas do tripé
2. Apertar os parafusos das pernas e abri-las para estabilizar o tripé
3. Colocar o adaptador no tripé e prendê-lo
4. Colocar o laser scanner BLK 360 no adaptador do tripé e prendê-lo

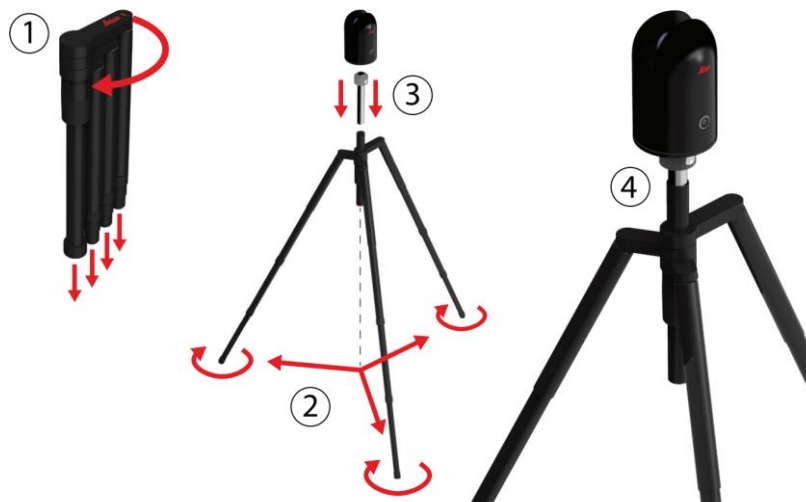


Fig.33 – Processo de montagem da estação [42]

5.3.2. LIGAR O LASER SCANNER

Assim que a estação se encontre bem montada, liga-se o laser scanner e dá-se início ao processo de conexão com a aplicação móvel Cyclone Field 360. Uma vez, conectados cria-se um novo projeto, seleciona-se o nível de densidade pretendido no scan e inicia-se o varrimento.

5.3.3. ESCOLHA DO NÍVEL DE DENSIDADE

A escolha do nível de densidade garante que todos os scans obtidos evidenciam a precisão necessária para o fim a que se destinam.

A aplicação móvel Leica Cyclone Field 360 possui três níveis de densidade, sendo eles, baixo, médio ou elevado, que variam o período de scan consoante o nível de densidade pretendido como se verifica na Fig.34.

Alerta-se o leitor para o facto que, a qualidade máxima dos scans recolhidos apenas será conseguida quando o projeto for transferido para o Cyclone Register 360.

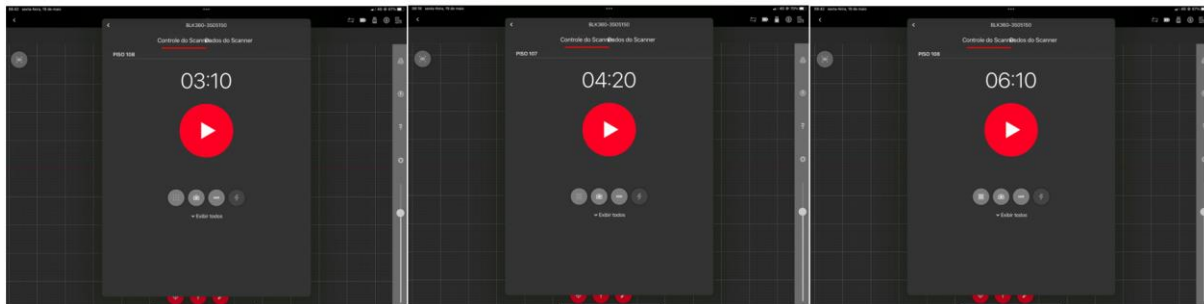


Fig.34 – Vários níveis de densidade

5.3.4. INÍCIO DOS SCANS

Após selecionado o nível de detalhe pretendido inicia-se o varrimento, para isso, basta selecionar o botão *Start*.

5.3.5. UNIÃO DE SCANS

A partir do instante que são levantadas as nuvens de pontos de duas ou mais estações, pode-se iniciar o processo de união dos scans.

A união dos scans segue os seguintes passos:

1. Selecionar o símbolo de união
2. Selecionar a primeira estação para vincular
3. Selecionar a segunda estação para vincular
4. Iniciar o modo de alinhamento ao pressionar “Iniciar Alinhamento”
5. Visualmente alinhar as estações, otimizar e criar um vínculo

Este procedimento pode ser realizado simultaneamente ao varrimento de outra estação.

Nesta tarefa, em determinados casos, por vezes não é possível efetuar essa união, caso seja o caso, proceder ao varrimento de uma nova estação localizada de forma estratégica e repetir o processo para a mesma.

5.4. PROCESSAMENTO DA NUVEM DE PONTOS

Encontrando-se a fase de levantamento da nuvem de pontos concluída, isto é, tendo-se obtido uma nuvem de pontos contínua após a união dos scans, inicia-se a fase de processamento da mesma. Como mencionado no subcapítulo 3.2.3, a fase de processamento da nuvem de pontos destina-se à eliminação dos pontos irrelevantes que resultam de erros, como pessoas em movimento, reflexões indesejadas, ou mesmo existência de mobiliário.

Primeiramente, procede-se à passagem dos dados recolhidos pelo laser scanner para o computador, de seguida, esses dados são importados para o software Recap Pro e inicia-se o processo de limpeza de ruído.

5.4.1. PASSAGEM DOS DADOS RECOLHIDOS DO LASER SCANNER PARA COMPUTADOR

Esta fase não apresenta grande dificuldade, no entanto trata-se de um processo bastante demorado dependendo do número de estações, da densidade selecionada nos scans, assim como do poder de processamento do computador a utilizar.

Esta fase segue os seguintes passos:

1. Abrir a aplicação móvel Leica Cyclone Field 360 e no campo das informações selecionar *Sync Server* para obter o endereço *IP*
2. Abrir o Cyclone Register 360
3. Selecionar *Create New Project* e nominá-lo
4. Importar Cyclone FIELD 360
5. Inserir o endereço *IP* obtido no primeiro passo e selecionar *Add to Project*
6. Selecionar apenas o projeto que se pretende importar e premir o botão *Import*
7. Selecionar *Optimize Bundle*
8. No campo *Report Options* indicar o destino do ficheiro *pdf Registration Report*
9. No campo *Publish Options* selecionar o tipo de ficheiro *rcp (cloud)* e indicar o destino do ficheiro
10. Por último selecionar *Publish*

5.4.2. IMPORTAÇÃO PARA O SOFTWARE RECAP PRO

Como mencionado no subcapítulo 3.2.4.2., o software Recap Pro permite fazer o processamento de uma nuvem de pontos.

Esta fase segue os seguintes passos:

1. Abrir o software Autodesk Recap Pro
2. Selecionar *New Project*
3. Selecionar *Import Point Cloud* e nominar o projeto
4. Selecionar *Select Files to Import* para abrir o Autodesk Recap Project File
5. Selecionar *Launch Project*

5.4.3. LIMPEZA DE RUÍDO

Uma vez importada a nuvem de pontos para o software Recap Pro procede-se à limpeza de ruído, isto é, eliminar os grupos de pontos irrelevantes para o projeto. Este processo melhorará a eficiência do modelo Revit assim que a nuvem de pontos for inserida.

O primeiro passo, passa por orientar a nuvem de pontos para uma vista que facilite a identificação e seleção dos pontos a eliminar.

Para proceder à seleção e posteriormente eliminação dos pontos existem dois procedimentos possíveis, sendo eles:

Procedimento1: Selecionar na barra de ferramentas o elemento *Window* que permite selecionar todos os pontos dentro de uma superfície retangular e posteriormente eliminá-los

Procedimento 2: Selecionar na barra de ferramentas o elemento *Fence* que permite selecionar todos os pontos dentro de uma superfície delimitada e posteriormente eliminá-los

Alerta-se o autor que, ao proceder à seleção de pontos numa dada perspetiva, está-se também a selecionar os outros pontos atrás dessa superfície segundo a perspetiva em causa.

Tendo em conta a cor do plano de fundo do menu de exibição, por vezes pode ser complicado a identificação de alguns pontos, pois estes, misturam-se com o plano, para combater isso, no menu *Lighting Settings* em *Edge Highlighting* selecionar *Default* para escurecer o modelo, em seguida no menu *Change Background Color* selecionar *Solid* para alterar a cor do plano de fundo.

Outro procedimento aconselhável é retirar as *Mirror Balls* que dificultam a visualização e análise da nuvem de pontos, para tal, aceder a *Toggle UI Elements* e selecionar *Mirror Balls*.

Enuncia-se agora um processo interessante que é a criação de *Regions*, que para além de simplificar o processo de eliminação de ruído, posteriormente facilitará o processo de modelação.

Para criar *Regions* aceder ao menu da direita e no campo *Scan Regions* premir o sinal de adição e nominá-las. Posteriormente, na barra de ferramentas *Window* selecionar *Plane* e definir a tolerância em *Plane Depth*, isto porque, a ferramenta de seleção de plano seleciona áreas que estão no mesmo plano. Para fazer uma seleção basta clicar em três pontos e no terceiro clicar duas vezes, posto isto, resta adicionar a seleção à região criada.

Dado que a região foi criada, no menu à direita pode-se alternar a visibilidade dessa região e repetir este fluxo de trabalho criando regiões tais como pavimentos, tetos, paredes, etc, facilitando a eliminação dos restantes pontos irrelevantes.

5.5. MODELAÇÃO SOBRE A NUVEM DE PONTOS NO SOFTWARE REVIT

Finalizado o processamento da nuvem de pontos, inicia-se a modelação com recurso ao software Revit 2022.

Neste subcapítulo são abordados os processos de importação da nuvem de pontos e da modelação do modelo BIM sobre a nuvem de pontos, assim como, algumas curiosidades. Note que, como referido no capítulo 3, estes modelos podem ter vários LODs.

5.5.1. IMPORTAÇÃO DA NUVEM DE PONTOS

Para iniciar o processo de modelação aceder ao software Revit e criar um novo projeto, para tal, é necessário escolher o template, sendo que, existem quatro disponíveis, nomeadamente, o *Template Construction*, *Architectural*, *Structural* e *Systems*. De seguida proceder à importação da nuvem de pontos previamente processada no Recap Pro, para isso, no separador *Insert* selecionar *Point Cloud* e localizar o ficheiro rcp correspondente.

5.5.2. MODELAÇÃO

Uma vez inserida a nuvem de pontos e acedendo a uma *Elevation View*, verifica-se que os levels 1 e 2 não estão bem definidos, no entanto, é possível arrastar a nuvem de pontos, numa tentativa de alinhá-la

com os levels, contudo, não é um processo rigoroso. Para definir os levels de forma precisa cria-se uma Section e através da SectionView observa-se um corte do edifício tornando evidente a posição dos levels existentes, posteriormente alinha-se a nuvem de pontos com os levels e caso necessário criam-se novos.

Estando os levels definidos, procede-se à modelação acedendo no separador *Architecture* aos comandos *Wall, Floor, Ceiling, Door, Window*, entre outros, consoante o LOD desejado.

5.5.3. CURIOSIDADES

Como foi importada uma nuvem de pontos para o ficheiro Revit, ao aceder-se ao *Visibility/Graphics Panel*, verifica-se a existência de uma guia adicional nominada *Point Clouds*. Expandindo essa guia observa-se uma categoria nominada *Scan Locations* que permite alterar as configurações da nuvem de pontos importada, ou seja, permite ativar ou desativar certos scans, assim como, alterar a cor dos mesmos. Tendo em conta, que a nuvem de pontos importada passou por um processamento no software Recap Pro, no qual, foram criadas *Regions*, também estas corresponderão a uma categoria nominada *Scan Regions* incluída na guia *Point Clouds*, como demonstra a Fig.35.

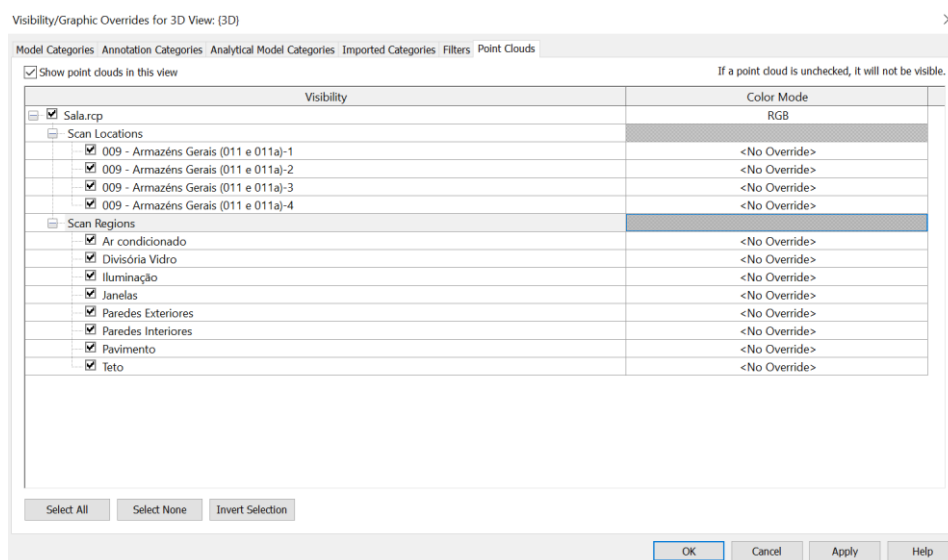


Fig.35 – Visibility/Graphics Panel

5.6. CLASSIFICAÇÃO SECCLASS DOS EFM

Após o desenvolvimento do modelo BIM, procede-se à classificação dos EFM, pois será necessário para as rotinas Dynamo que serão desenvolvidas no subcapítulo 6.8.

Para utilizar o sistema Secclass no software Revit, executar os seguintes passos:

1. Fazer o download e a instalação do BIM Interoperability Tools (BIT) em [43].
2. Fazer o download do ficheiro Excel com as tabelas Secclass em [44].
3. Fazer a configuração dos *Shared Parameters* e das tabelas de classificação do BIT.
4. Fazer a classificação através das tabelas Secclass.

O Secclass, para além de permitir classificar elementos do modelo, também possibilita a classificação do próprio modelo ou dos seus espaços.

Para classificar o modelo em desenvolvimento basta selecionar *Assign Classification* e no campo *Facility* selecionar a entidade em que se enquadra o mesmo.

Para classificar um determinado espaço, inicialmente é necessário criá-lo acedendo no separador *Architecture* ao comando *Room*, posteriormente procede-se à seleção do mesmo e no campo *Space* seleciona-se a correta descrição.

No caso da classificação de elementos o processo é semelhante aos anteriores, no entanto, existem 4 tabelas de classificação possíveis, sendo elas respetivamente, Elementos e Funções (EF), Sistemas (Ss), Produtos (Pr) e Unifomat II.

Após realizada a classificação de cada elemento, é possível verificar a informação nas suas respetivas propriedades tipo.

5.7. FICHAS DE MANUTENÇÃO

Para uma melhor análise das patologias admite-se que um edifício é constituído por vários elementos, sendo estes designados por elementos fonte de manutenção (EFM). Cada EFM corresponde a um sistema do edifício, com mecanismos de degradação e formas de desempenho próprias e normalmente independentes [6].

Para preservar cada EFM são realizadas operações de manutenção, sendo estas, apoiadas com fichas de manutenção.

As fichas de manutenção devem reunir a informação necessária para a realização das operações de manutenção. Essa informação corresponde ao detalhe dos procedimentos a executar, aos meios e técnicas usadas para executá-los, aos responsáveis para a sua execução, ao ritmo da sua execução e por último, ao custo da sua execução.

Após uma pesquisa por modelos de fichas de manutenção, tanto em dissertações como soluções presentes no mercado, o autor admitiu o modelo representado no Quadro 9.

Analisando a Ficha de Manutenção Tipo conclui-se que esta, está dividida em duas partes. A primeira destinada à identificação do EFM através da categoria em que se insere e da sua classificação Secclass. A segunda contém as cinco atividades fundamentais de manutenção aplicadas ao EFM (Inspeção, Limpeza, Pró-ação, Correção, Substituição) e a informação necessária para a execução das mesmas.

Note que, cada EFM deve possuir a sua própria ficha de manutenção.

Quadro 9 – Ficha de Manutenção Tipo

Ficha de Manutenção					
Categoria					
System-Number					
System-Description					
Product-Number					
Product-Description					
Operação	Procedimentos	Execução	Responsável	Ocorrência	Custo
Inspeção					
Limpeza					
Medidas Pró-ativas ou Preventivas					
Medidas Reativas ou Corretivas					
Substituição					

5.8. FLUXO DE INFORMAÇÕES E BASE DE DADOS ADOTADOS

Apesar do software Autodesk Revit permitir o armazenamento de informações de um dado modelo BIM, caso o modelo seja complexo e disponha de muita informação, o Revit não é capaz de suportar a introdução de grandes quantidades de dados de manutenção. Daqui surge a necessidade de uma base de dados inicial e final desenvolvida no software Microsoft Excel para organizar as fichas de manutenção.

Por último serão desenvolvidas rotinas Dynamo para fazer a interação das fichas de manutenção concebidas no software Excel com o modelo BIM. Essas rotinas baseiam-se na criação de parâmetros de manutenção, na importação das respectivas informações de manutenção e na extração dos dados.

6

APLICAÇÃO DA PROPOSTA

6.1. INTRODUÇÃO

O presente capítulo pretende aplicar a proposta de guia desenvolvida no capítulo 5 a um “Espaço G”, previamente introduzido no capítulo 4.

6.2. PLANEAMENTO

6.2.1. VISITA AO LOCAL E ANÁLISE DA PLANTA

Tendo em conta as reduzidas dimensões do espaço, após a análise da planta, apenas foi necessário realizar uma visita para apontar todos os aspetos relevantes, na qual foram registadas imagens para evitar a necessidade de uma nova visita.

6.2.2. LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES

Tendo uma melhor perceção do espaço, procedeu-se à localização e ordem das estações, de modo a captar a totalidade do espaço e garantir linhas de visão adequadas entre estações para assegurar a existência de pontos comuns dos variados scans. Como se verifica na Fig.36 foram consideradas quatro estações.

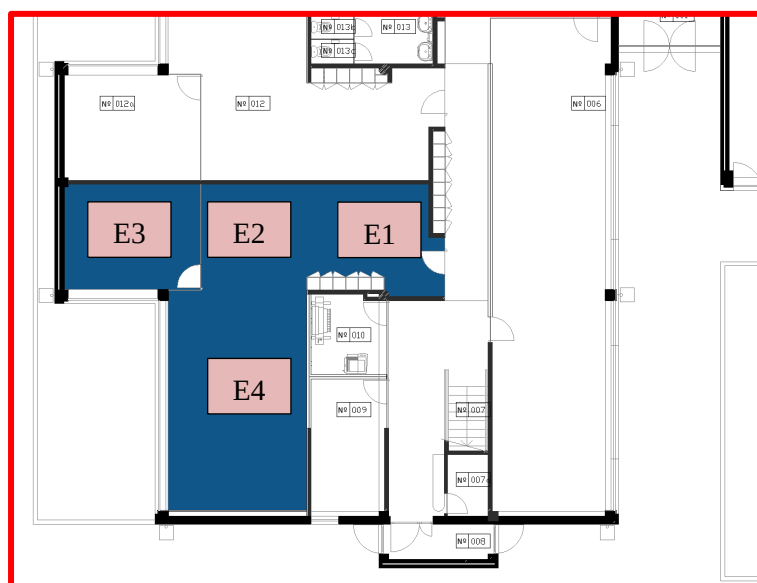


Fig.36 – Planta do “Espaço G” com as localizações das estações

6.3. LEVANTAMENTO DA NUVEM DE PONTOS

6.3.1. MONTAGEM DA ESTAÇÃO

A primeira tarefa a realizar na fase de levantamento da nuvem de pontos é a montagem da estação. Seguindo os passos descritos no subcapítulo 5.3.1 é expectável obter um resultado idêntico ao da Fig.37.



Fig.37 – Estação montada

6.3.2. LIGAR O LASER SCANNER

Assim que a estação se encontre bem montada, liga-se o laser scanner e inicia-se a conexão com a aplicação móvel Cyclone Field 360, obtendo-se o conteúdo exibido na Fig.38.

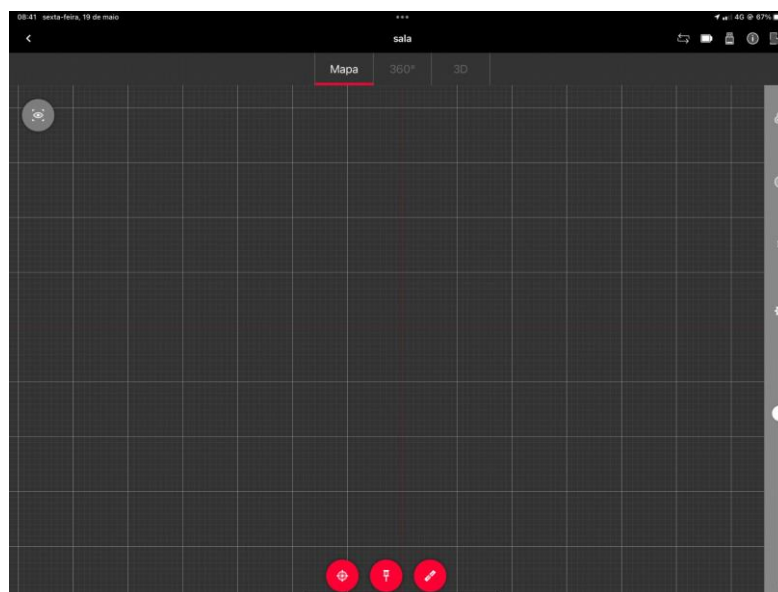


Fig.38 – Conteúdo exibido na aplicação móvel Cyclone Field 360

6.3.3. ESCOLHA DO NÍVEL DE DENSIDADE

Uma vez conectados cria-se um novo projeto e seleciona-se a densidade do scan pretendida. Sendo apenas consideradas quatro estações para o “Espaço G”, opta-se pelo nível de densidade elevado.

6.3.4. INÍCIO DOS SCANS

Após a seleção do nível de densidade dá-se início ao processo de varrimento.

6.3.5. UNIÃO DOS SCANS

A partir do momento que se dispõe dos scans de duas ou mais estações, inicia-se o processo de união.

A sequência de imagens que se seguem, da Fig.39 à Fig.43, correspondem aos seguintes passos: início do processo de união selecionando o símbolo indicado; seleção da primeira estação a vincular; seleção da segunda estação a vincular e início do alinhamento; alinhamento visual das estações, otimização e criação de vínculo.

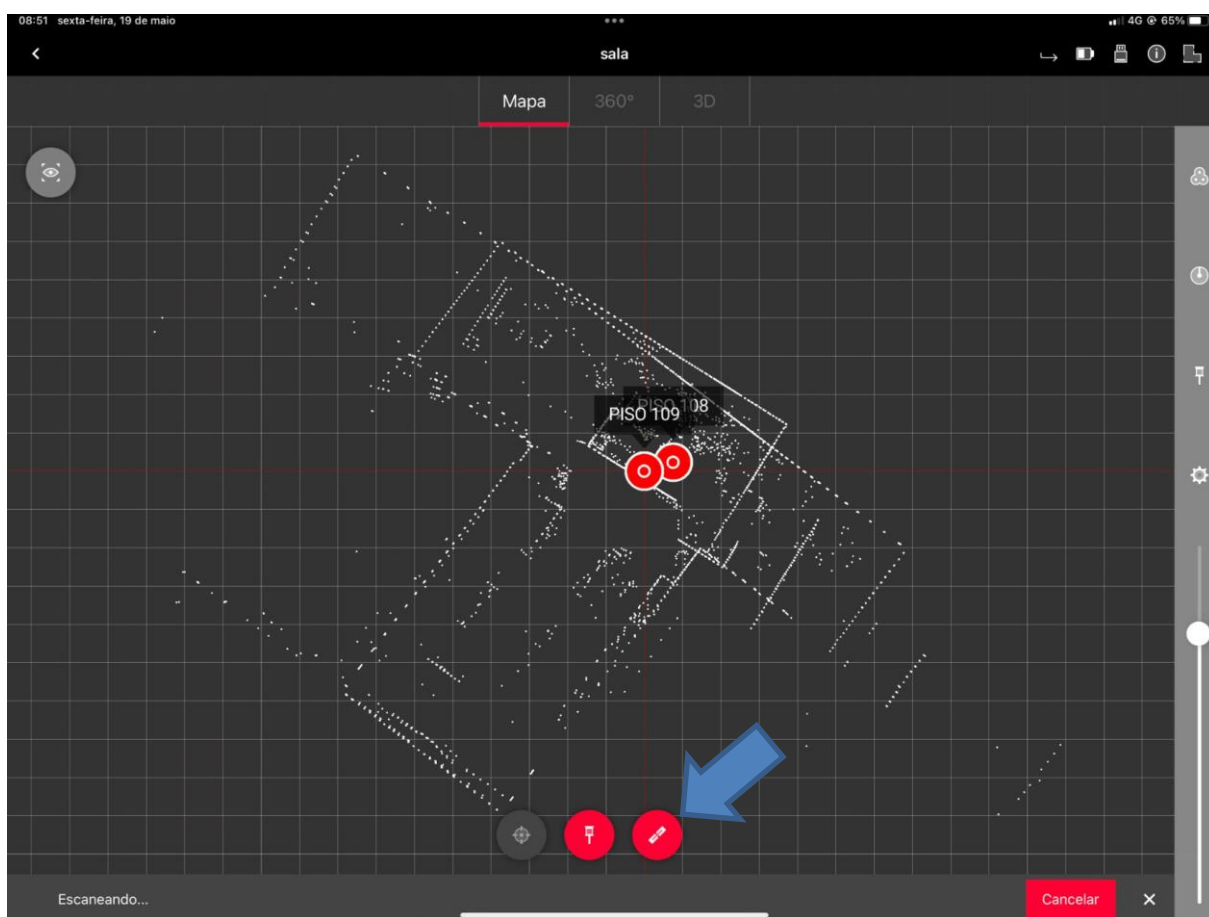


Fig.39 – Início do processo de união

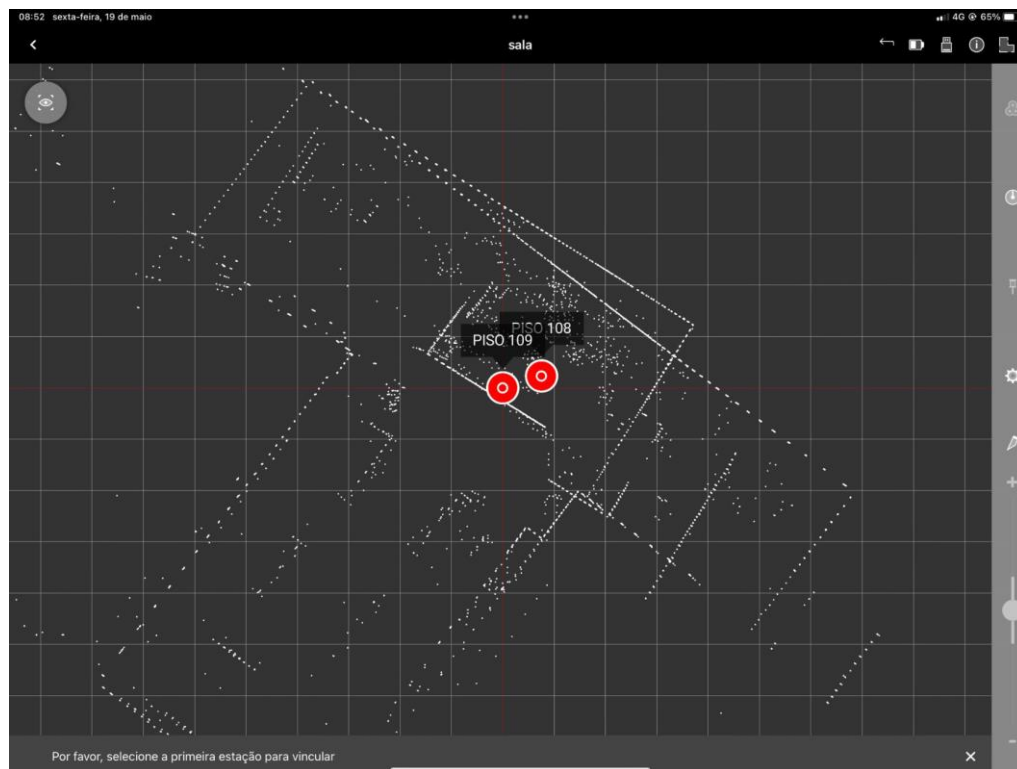


Fig.40 – Seleção da primeira estação a vincular

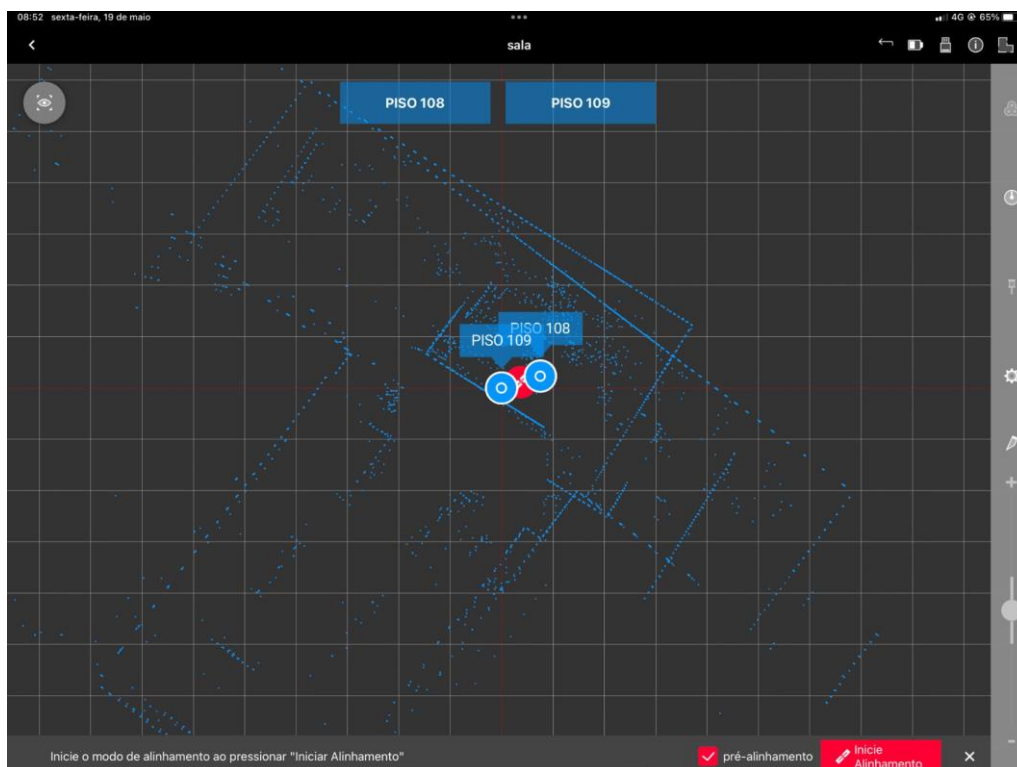


Fig.41 – Seleção da segunda estação a vincular e início do alinhamento

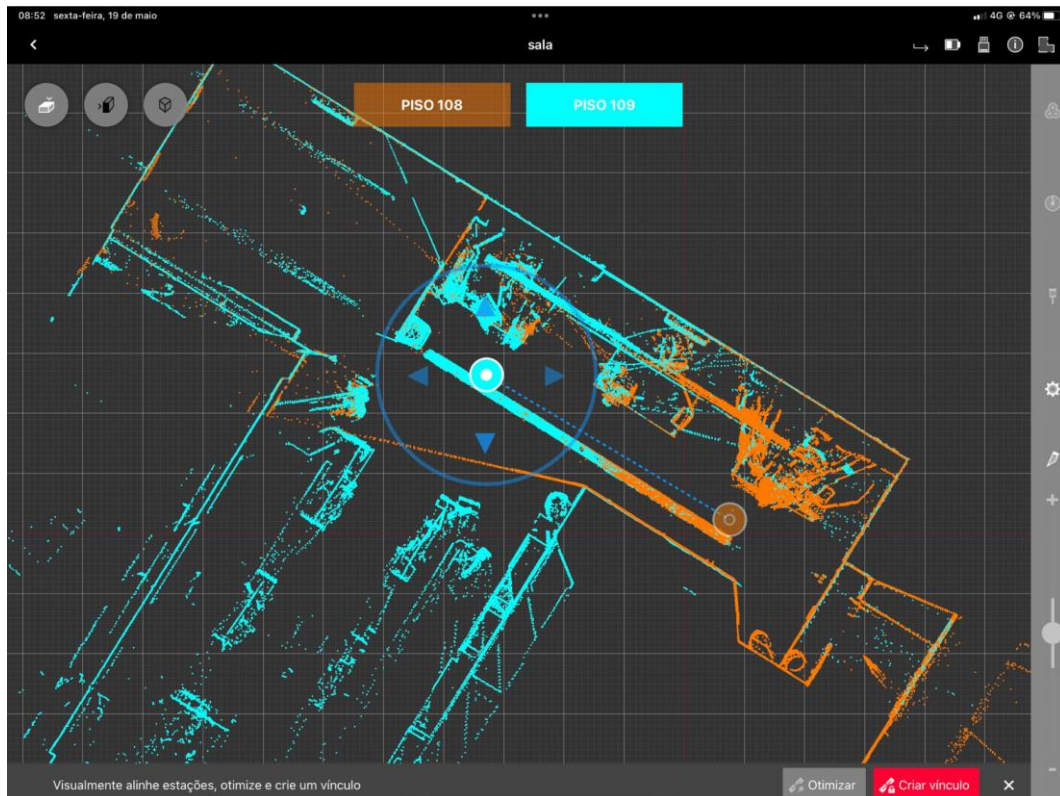


Fig.42 – Alinhamento visual das estações, otimização e criação de vínculo

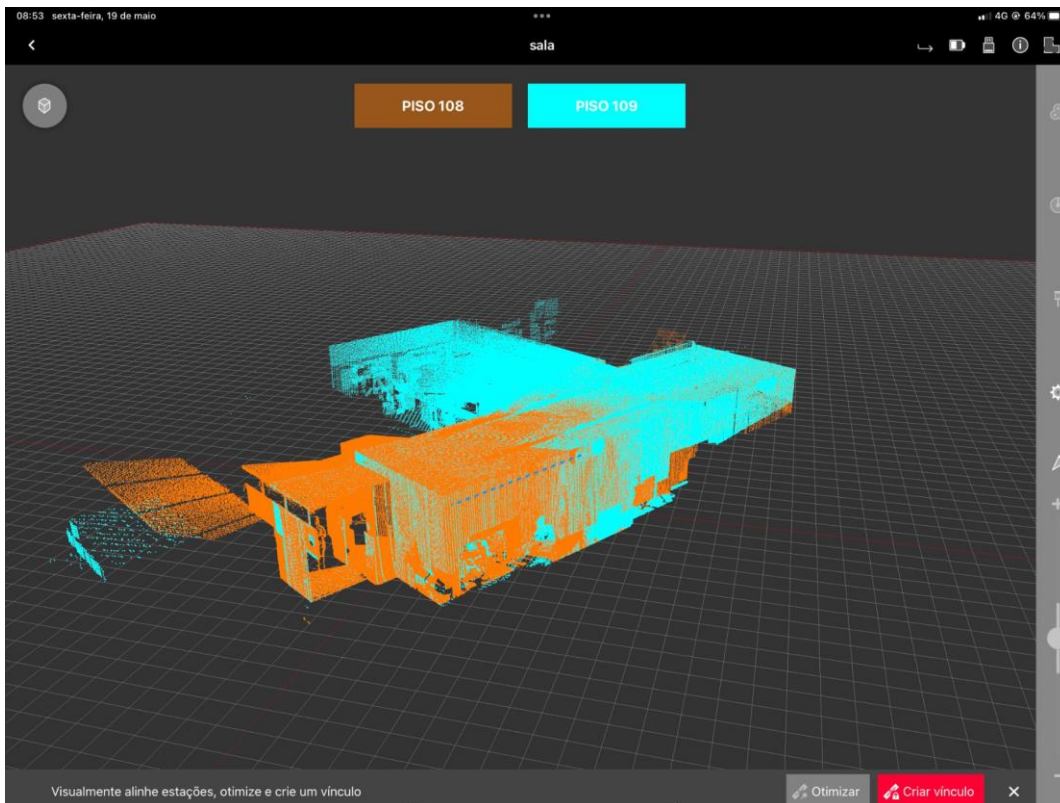


Fig.43 – Alinhamento visual das estações, otimização e criação de vínculo

Na Fig.44 observa-se a nuvem de pontos contínua obtida do “Espaço G”.

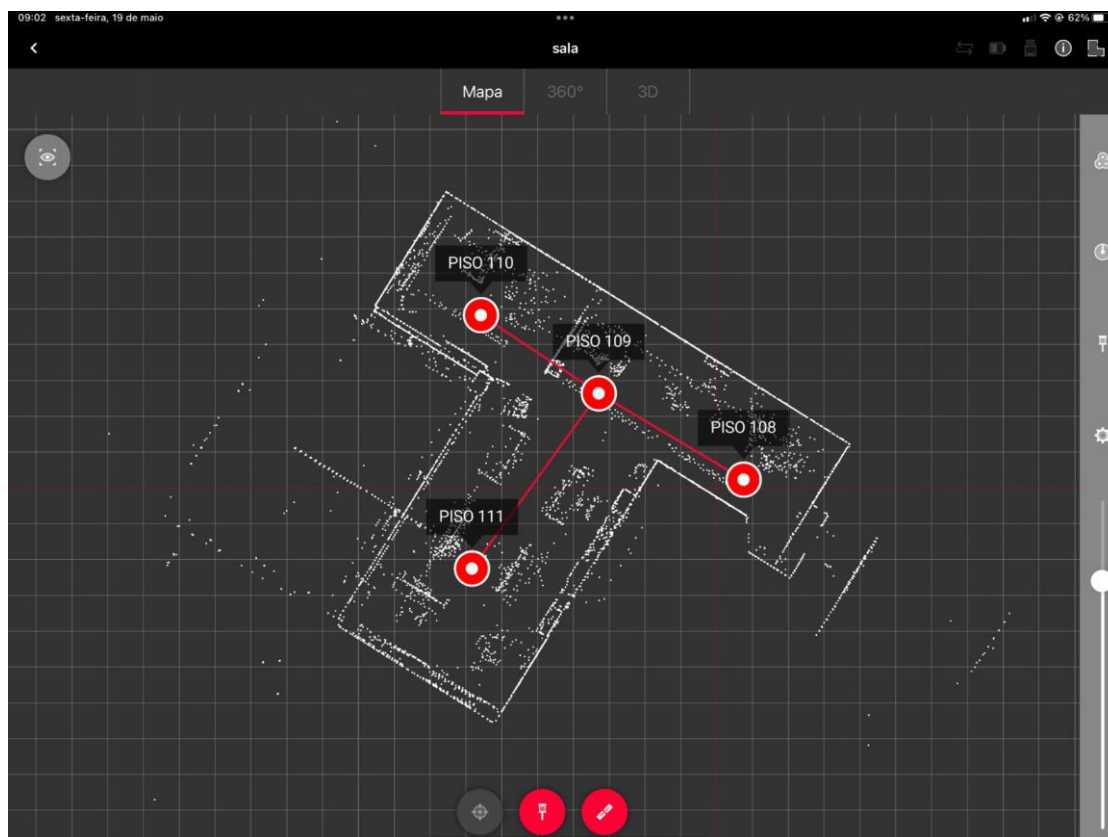


Fig.44 – Nuvem de pontos do “Espaço G”

6.4. PROCESSAMENTO DA NUVEM DE PONTOS

6.4.1. PASSAGEM DOS DADOS RECOLHIDOS DO LASER SCANNER PARA COMPUTADOR

As imagens que se seguem, da Fig.45 até à Fig.52, correspondem aos seguintes passos: criação de um novo projeto no Cyclone Register 360; importação dos dados Cyclone Field 360; inserção do endereço IP; seleção do projeto pretendido e importação; otimização do Bundle; indicação do destino do ficheiro pdf Registration Report; seleção do tipo de ficheiro rcp e indicação do destino do ficheiro; publicação do ficheiro rcp.

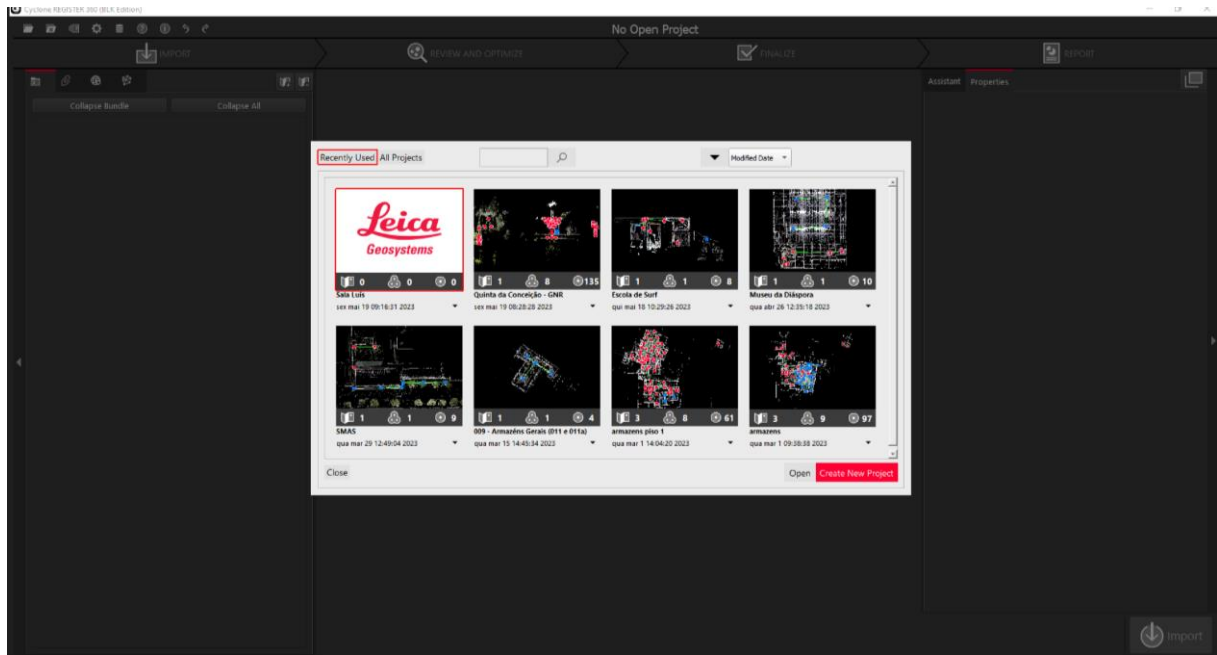


Fig.45 – Criação de um novo projeto no Cyclone Register 360

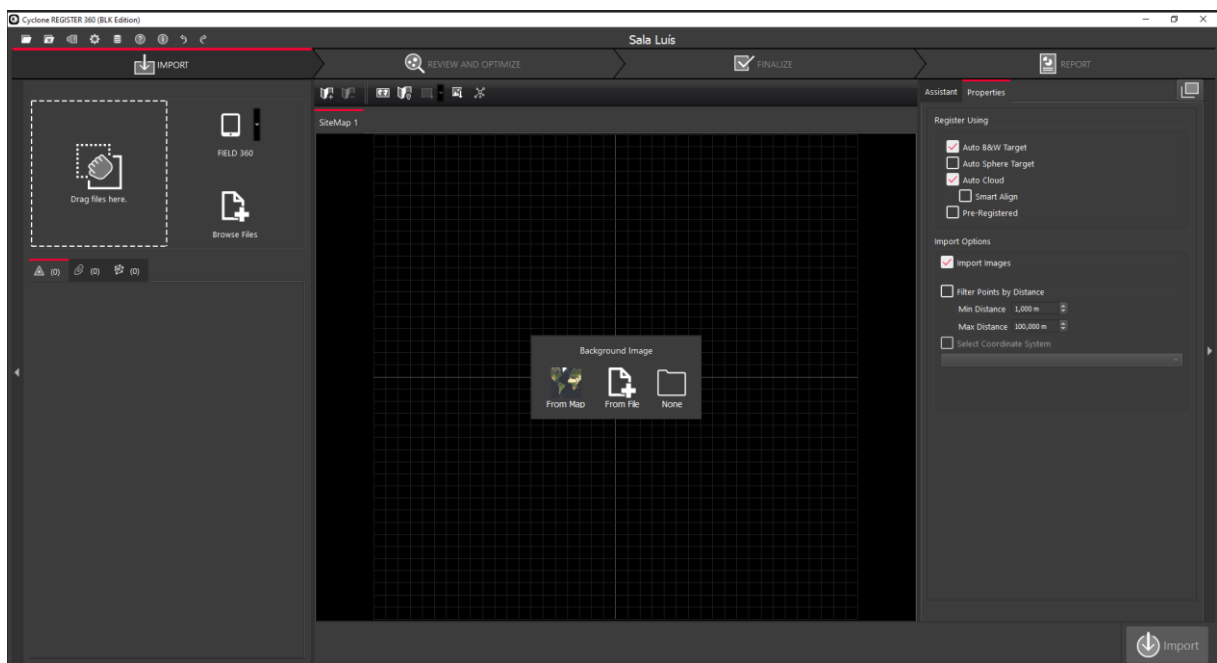


Fig.46 – Importação dos dados Cyclone Field 360

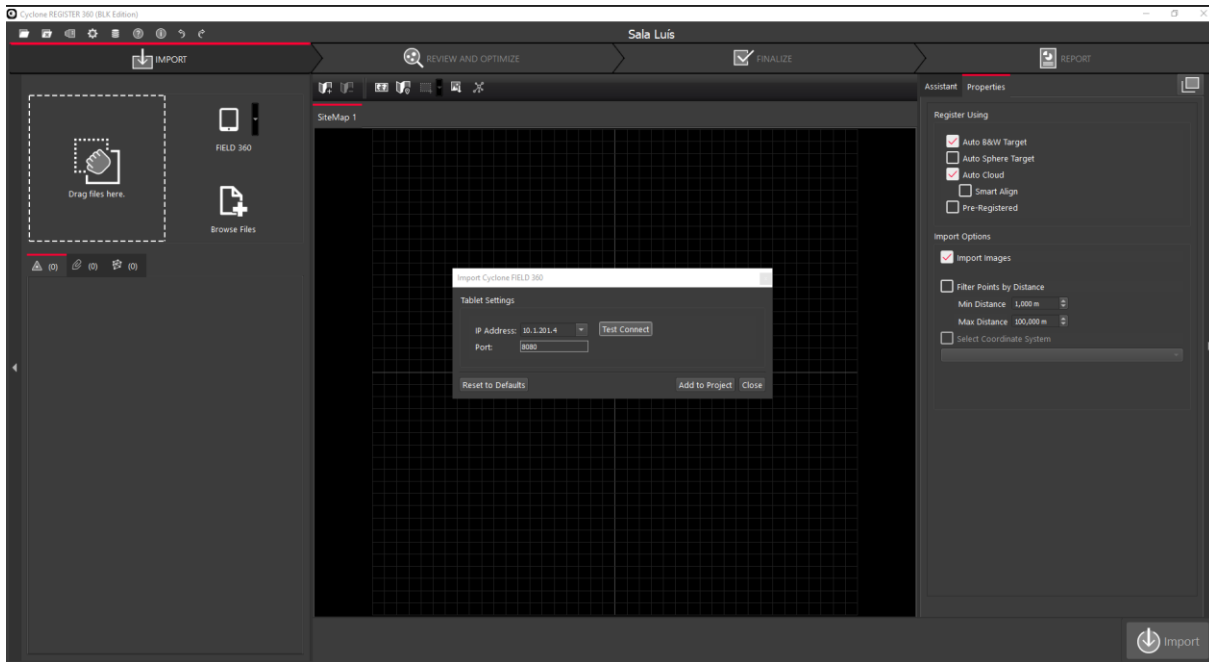


Fig.47 – Inserção do endereço IP

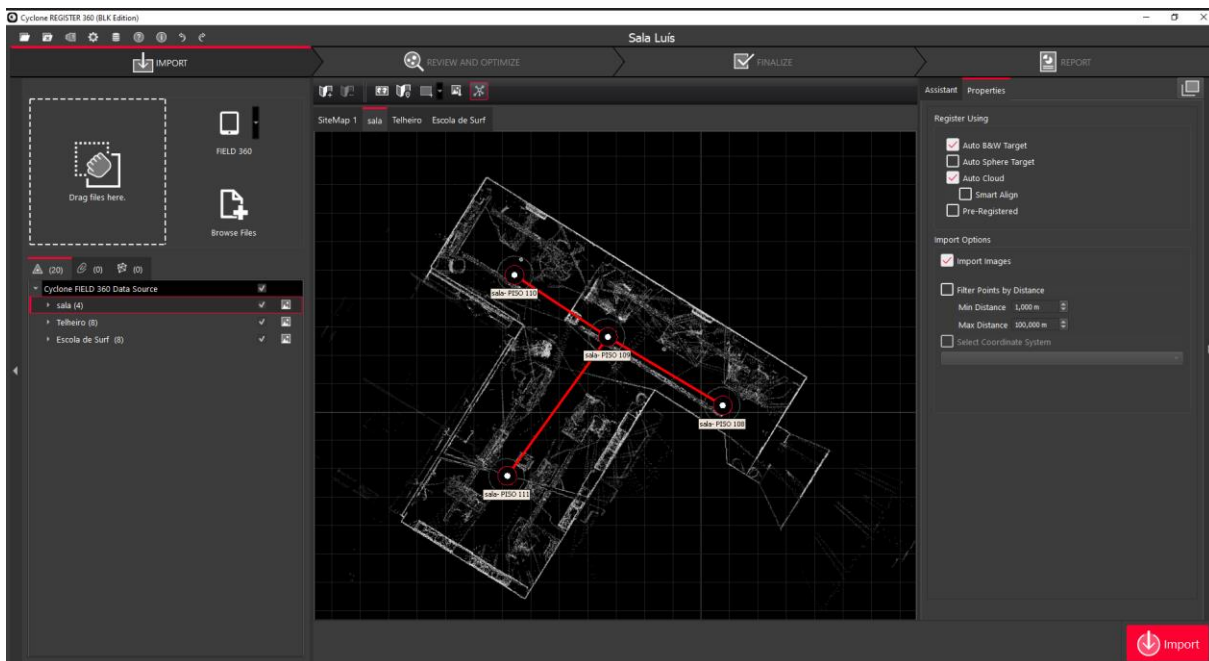


Fig.48 – Seleção do projeto pretendido

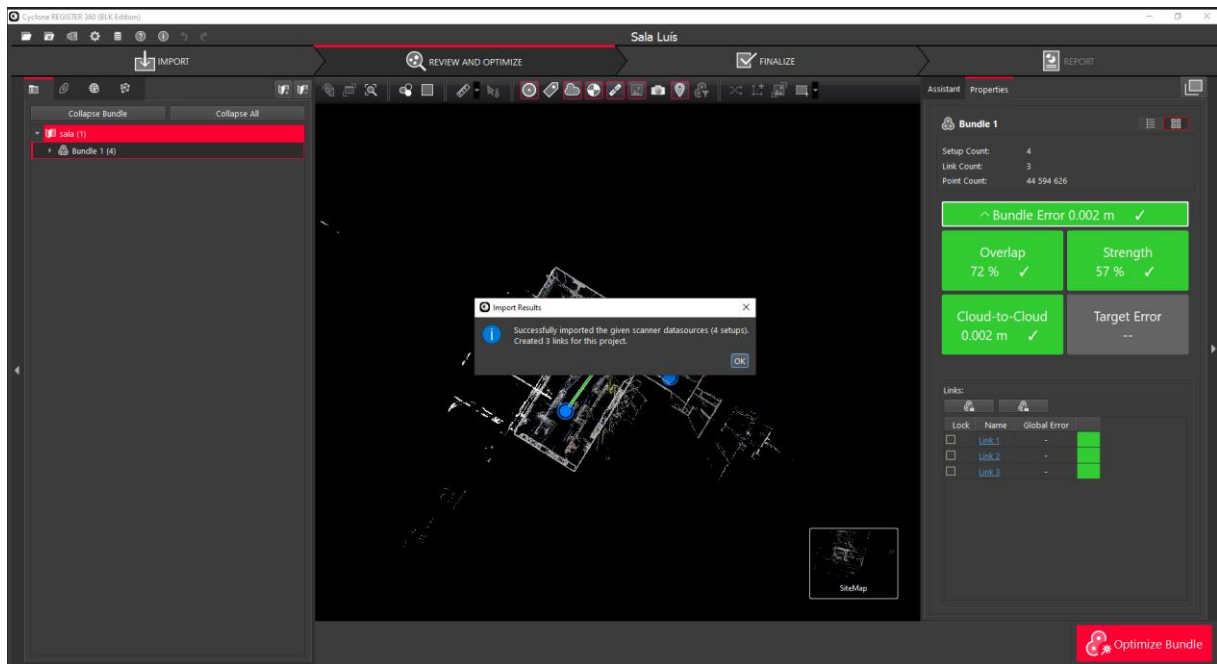


Fig.49 – Otimização do Bundle

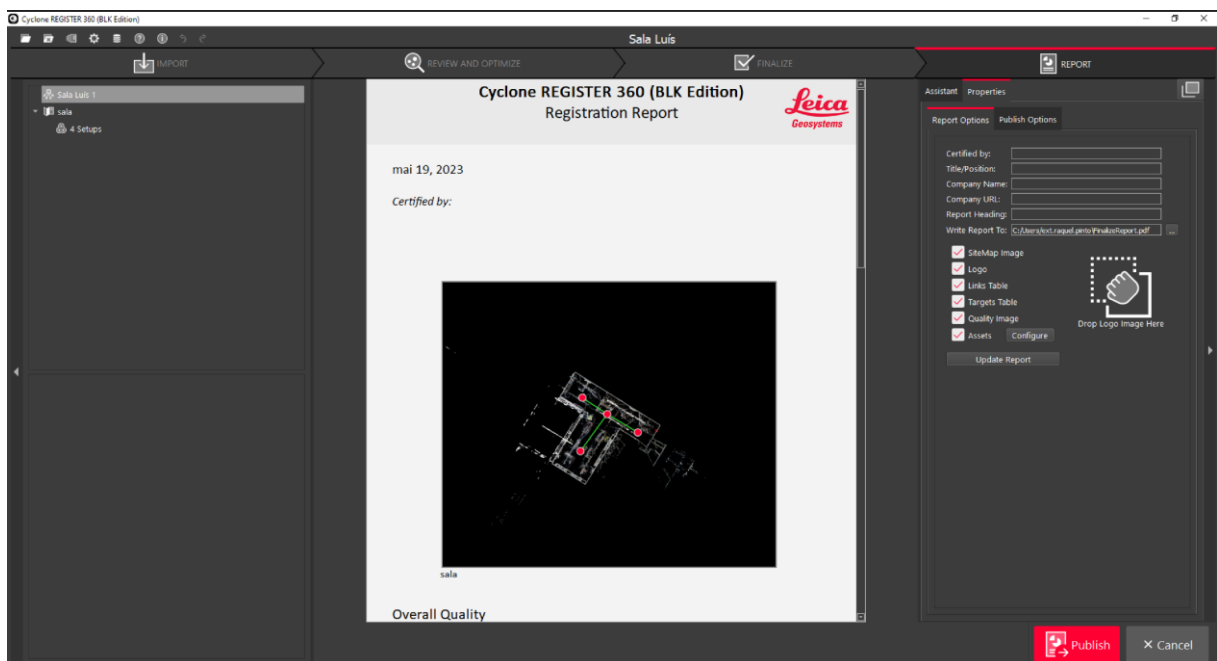


Fig.50 – Indicação do destino do ficheiro pdf Registration Report

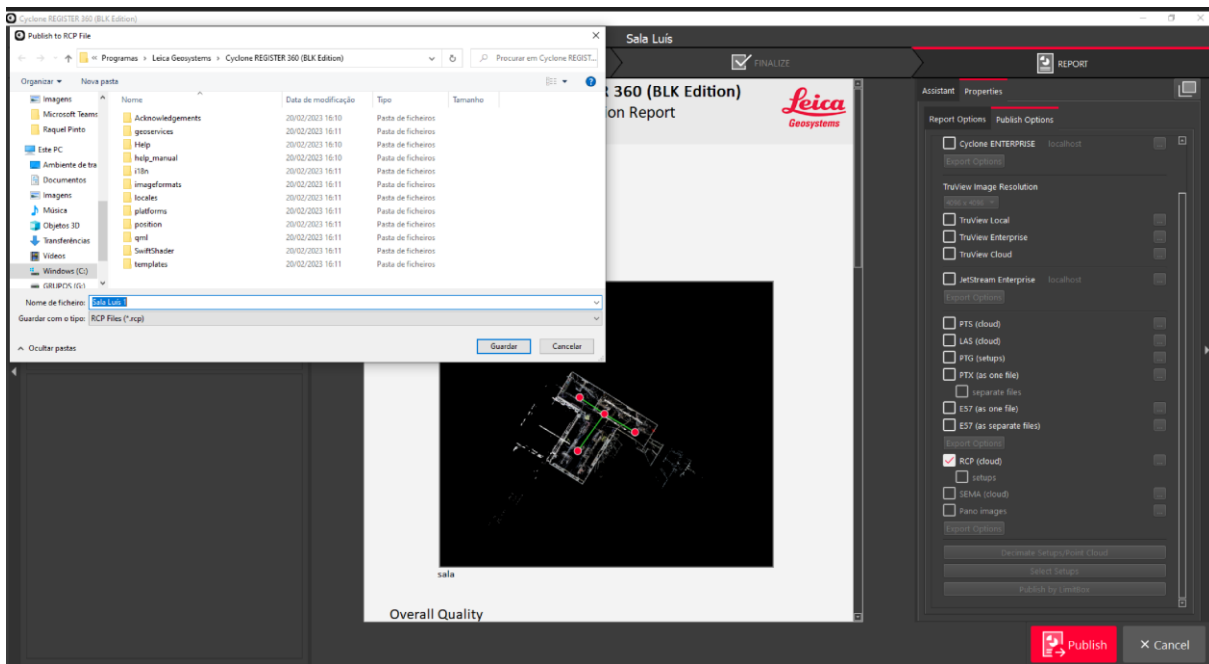


Fig.51 – Seleção do tipo de ficheiro rcp e indicação do destino do ficheiro

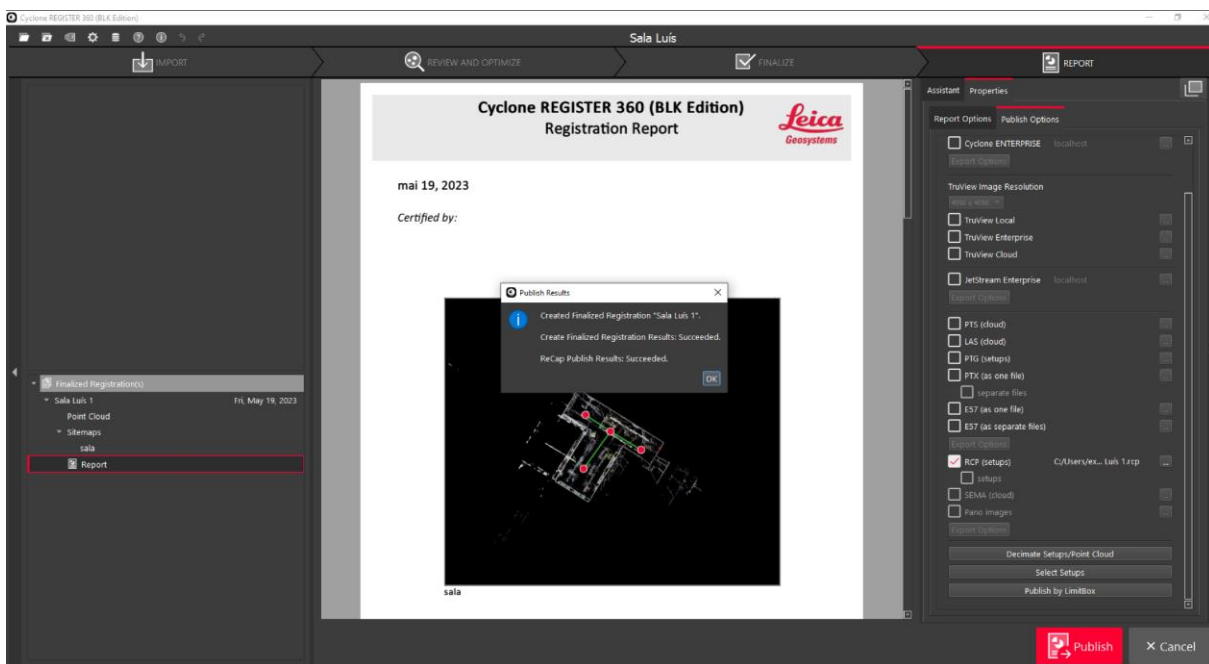


Fig.52 – Publicação do ficheiro rcp

6.4.2. IMPORTAÇÃO PARA O SOFTWARE RECAP PRO

As imagens que se seguem, da Fig.53 até à Fig.56, correspondem aos seguintes passos: criação de um novo projeto no software Recap Pro; importação da nuvem de pontos; seleção do Autodesk Recap Project File; Launch Project.

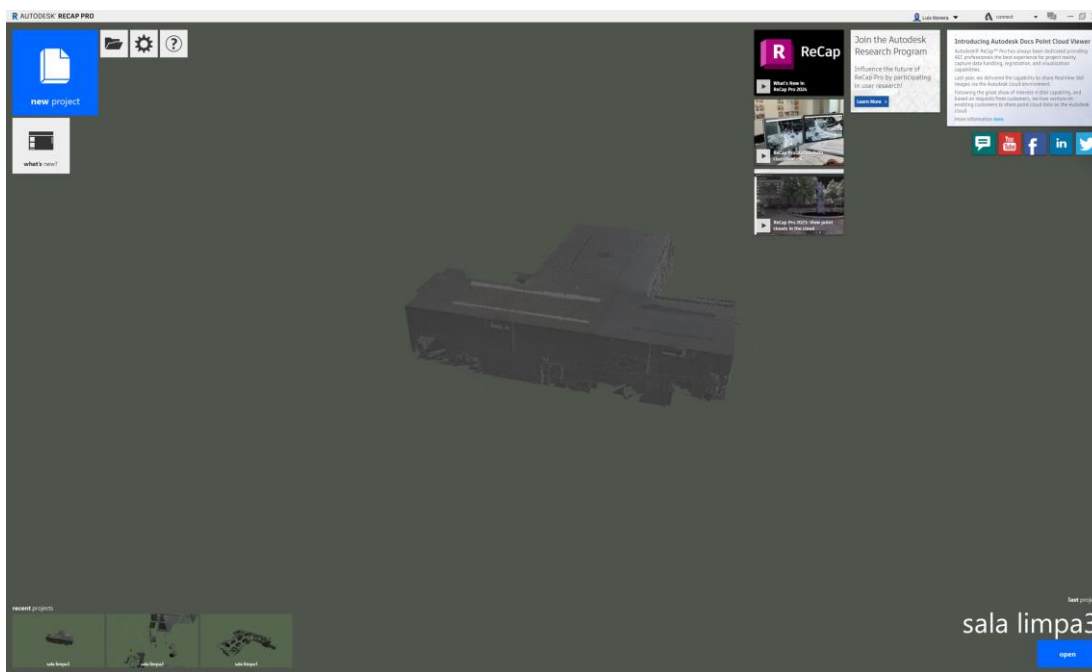


Fig.53 – Criação de um novo projeto no software Recap Pro

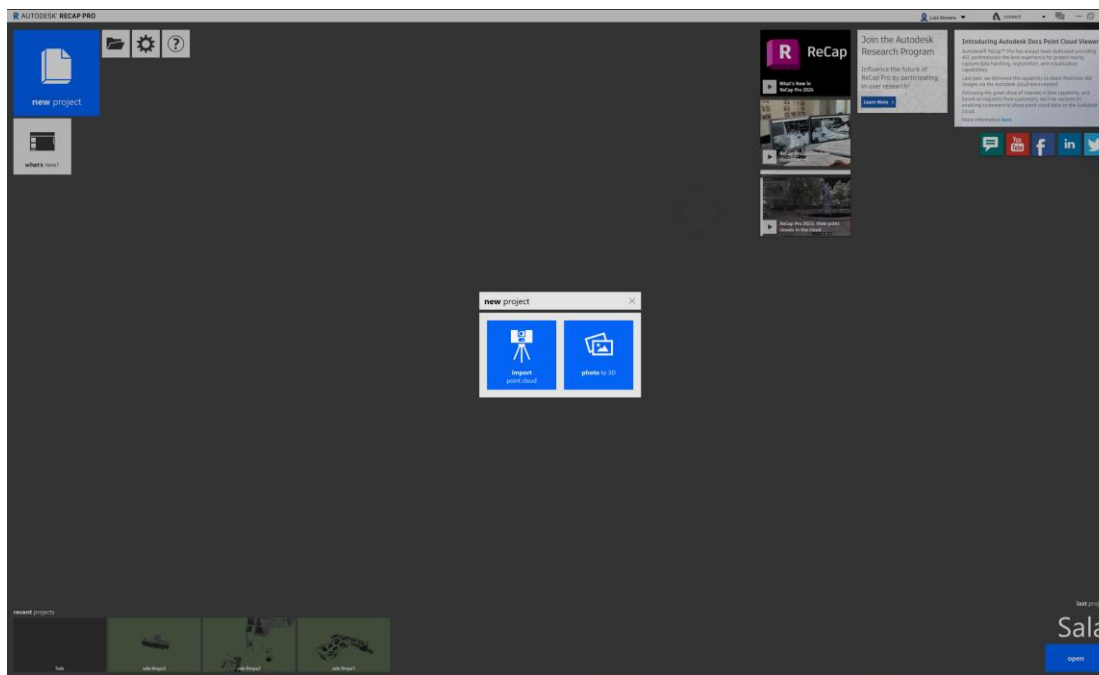


Fig.54 – Importação da nuvem de pontos

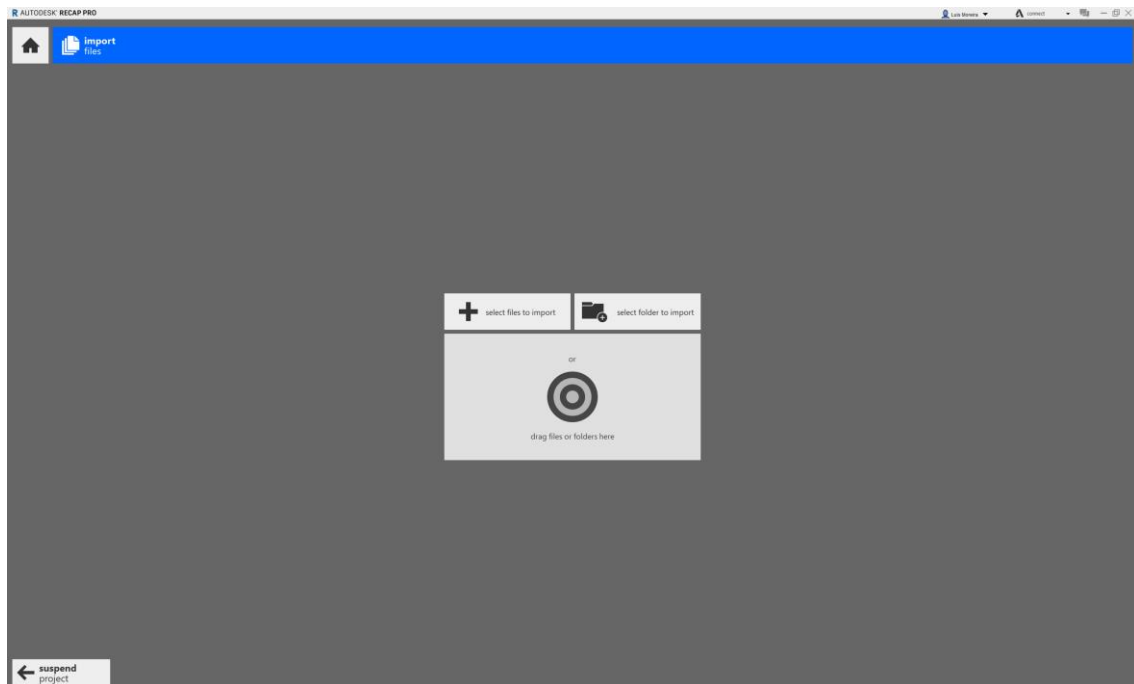


Fig.55 – Seleção do Autodesk Recap Project File

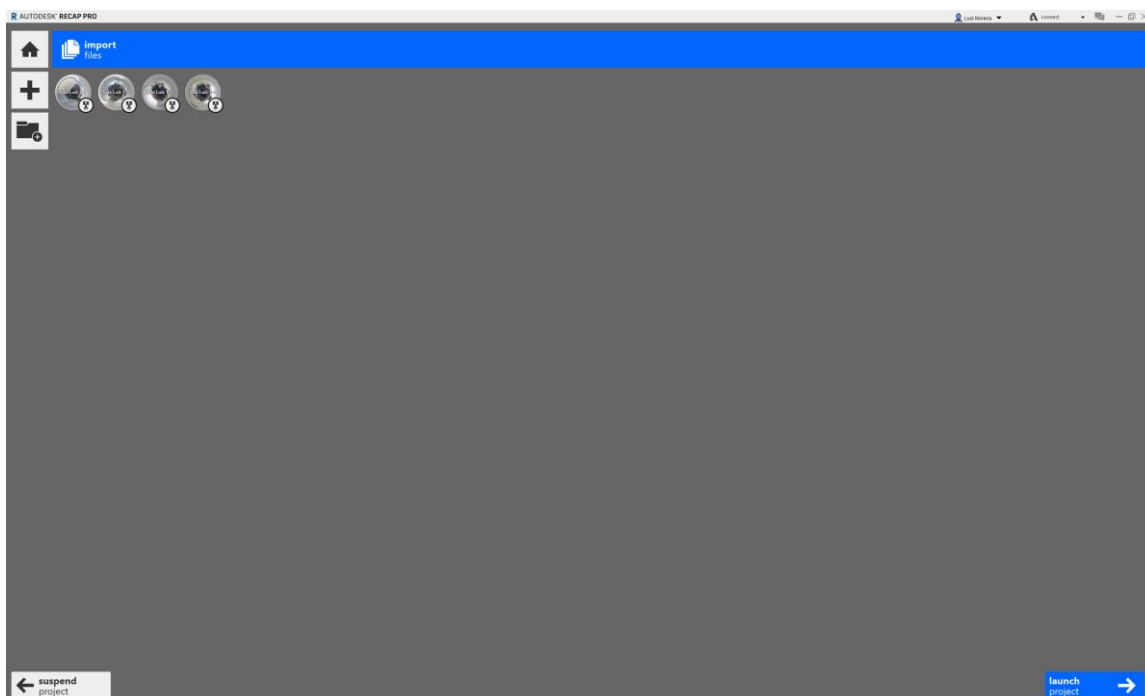


Fig.56 – Launch Project

6.4.3. LIMPEZA DE RUÍDO

A Fig.57 mostra a nuvem de pontos inicialmente importada para o Recap Pro. Como se pode observar, a nuvem de pontos apresenta bastante ruído.

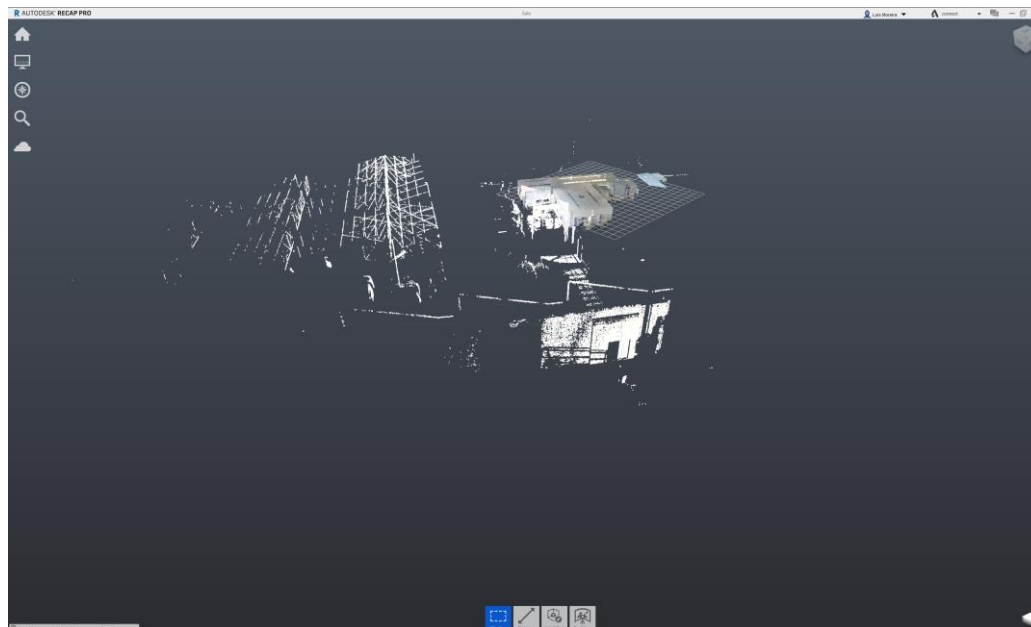


Fig.57 – Nuvem de pontos inicial no software Recap Pro

Posteriormente, procede-se à limpeza de ruído, ou seja, à eliminação dos pontos irrelevantes para o projeto. Para tal, orienta-se a nuvem de pontos para uma vista que facilite a seleção desses pontos e com recurso à ferramenta *Fence* seleciona-se e elimina-se esses pontos, como mostra a Fig.58.

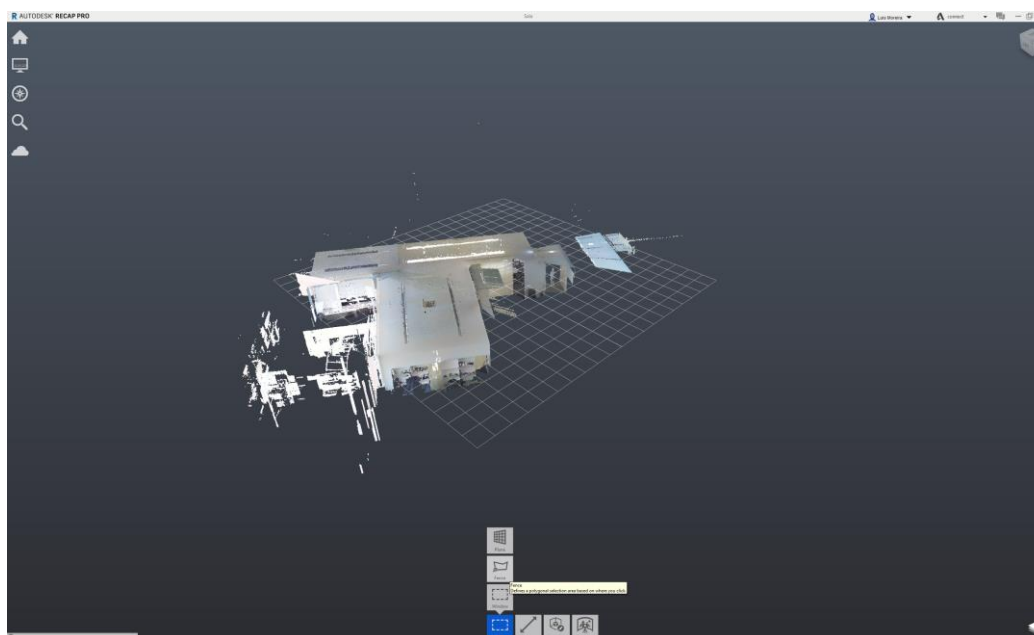


Fig.58 – Utilização da ferramenta Fence para eliminar o ruído no Recap Pro

Para facilitar a identificação e seleção dos restantes pontos, recorre-se à informação presente no subcapítulo 5.4.3 e escurece-se o modelo, altera-se a cor do plano de fundo e remove-se as mirror balls, como se verifica na Fig.59, Fig.60, Fig.61, respetivamente.

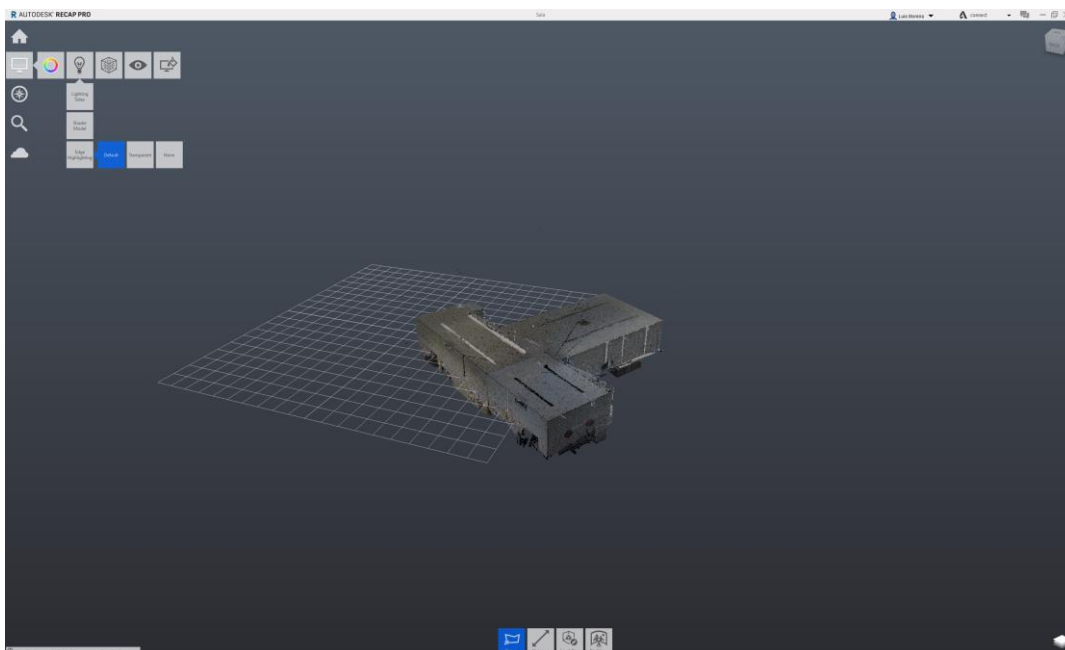


Fig.59 – Escurecimento do modelo no Recap Pro

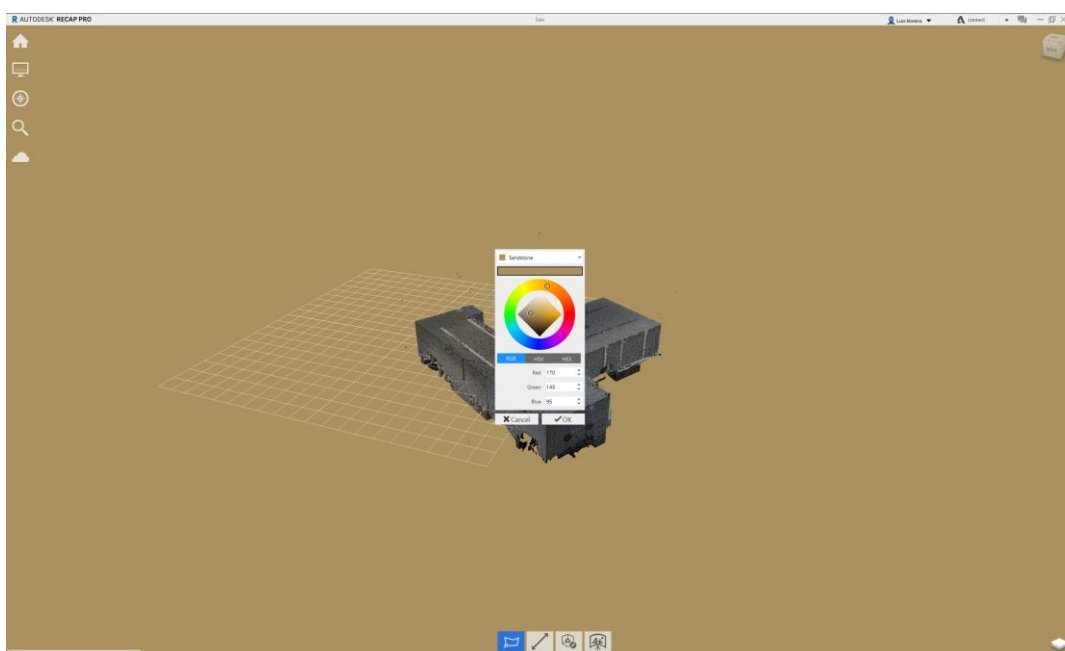


Fig.60 – Alteração da cor do plano de fundo no Recap Pro

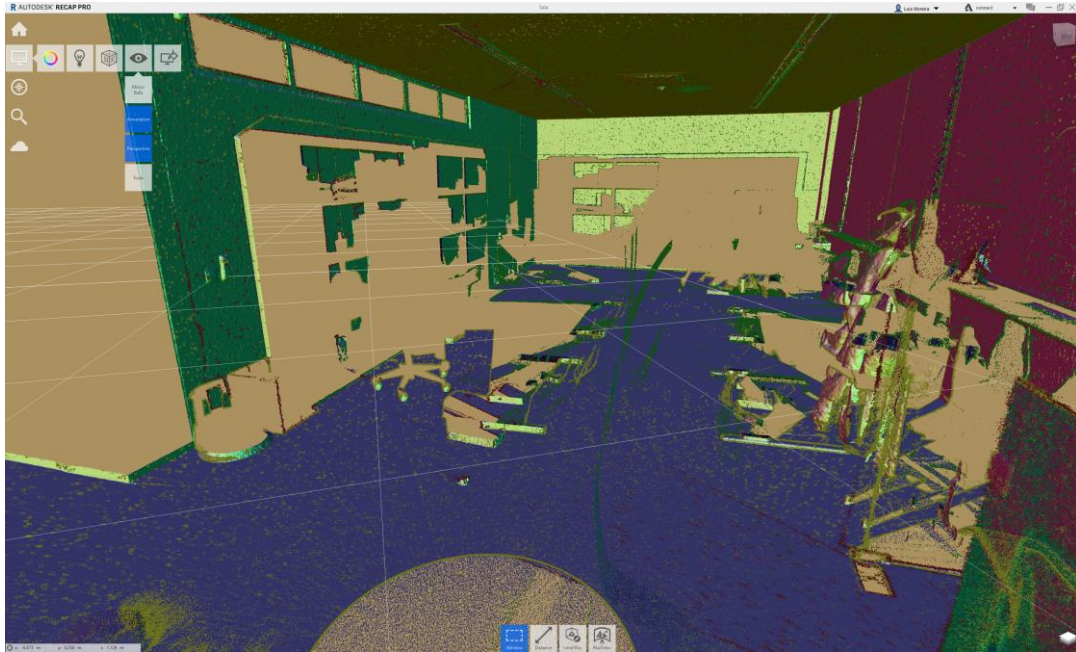


Fig.61 – Remoção das Mirror Balls no Recap Pro

Posteriormente, para simplificar o processo criam-se várias *Regions* como confere a Fig.62.



Fig.62 – Criação de Regions no Recap Pro

6.5. MODELAÇÃO SOBRE A NUVEM DE PONTOS NO SOFTWARE REVIT

6.5.1. IMPORTAÇÃO DA NUVEM DE PONTOS

Inicialmente cria-se um novo projeto com o template Architectural no Revit, tendo em conta, o fim a que se destina o modelo. Posteriormente importa-se a nuvem de pontos processada no software Recap Pro, obtendo o resultado da Fig.63.

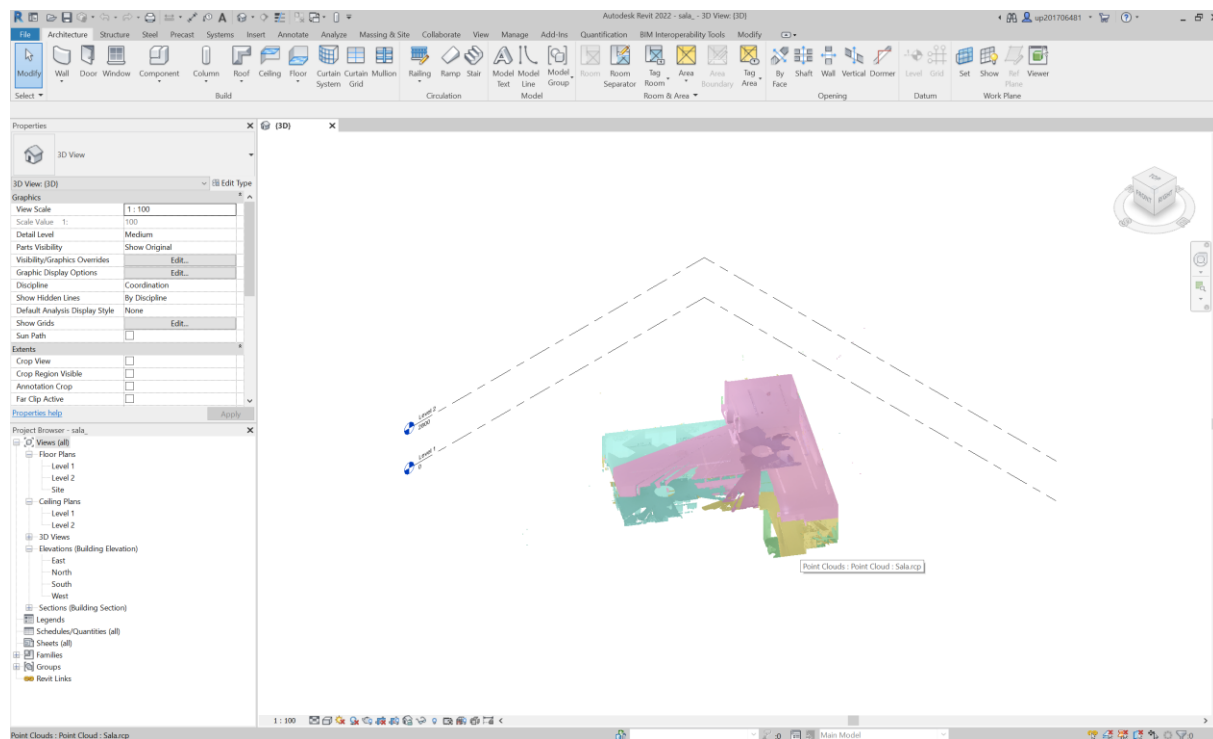


Fig.63 – Importação da nuvem de pontos processada para o Revit

6.5.2. MODELAÇÃO

Uma vez inserida a nuvem de pontos e com o auxílio de uma *Elevation View* verifica-se que os levels 1 e 2 não estão bem definidos, como mostra a Fig.64.

Para defini-los de forma precisa cria-se uma Section e através da sua *SectionView* alinha-se a nuvem de pontos com os levels, como mostra a Fig.65.

Estando os levels definidos, procede-se à modelação acedendo no separador *Architecture* aos comandos *Wall*, *Floor*, *Ceiling*, *Curtain Panels*, *Lighting Fixtures*, *Window*, entre outros.

Por fim obtém-se o modelo BIM do “Espaço G” apresentado na Fig.66.

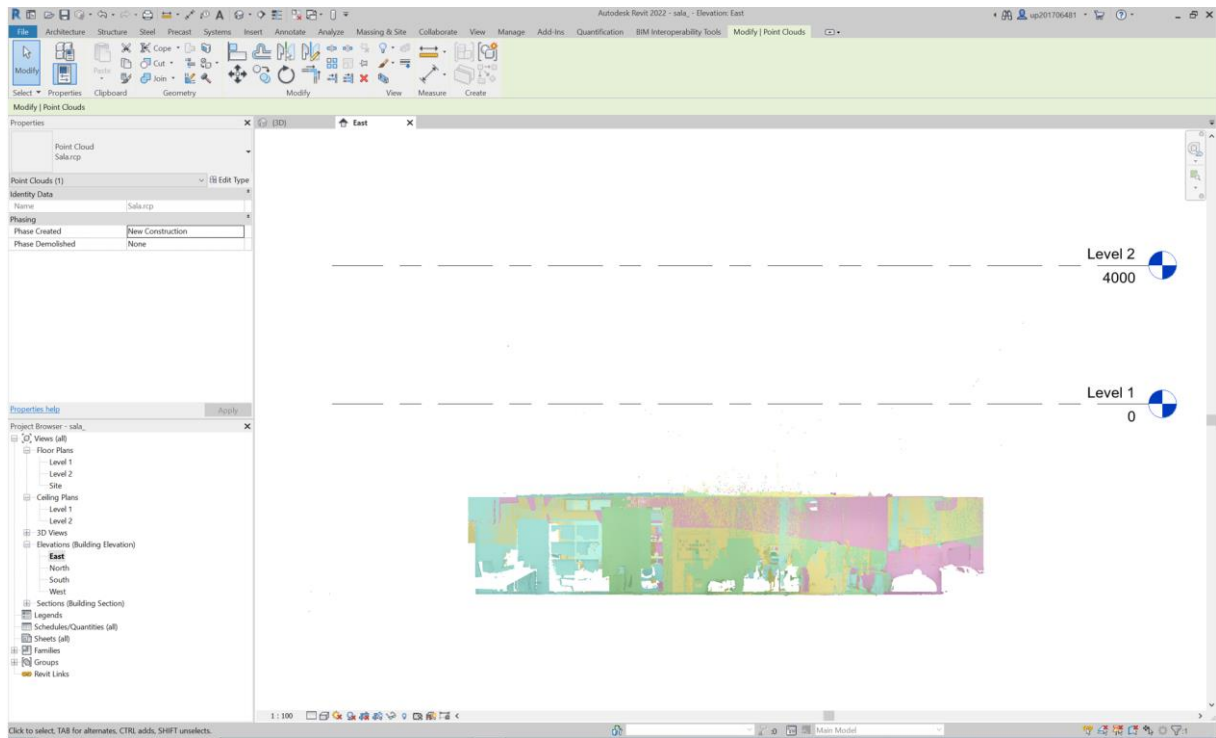


Fig.64 – Elevation View

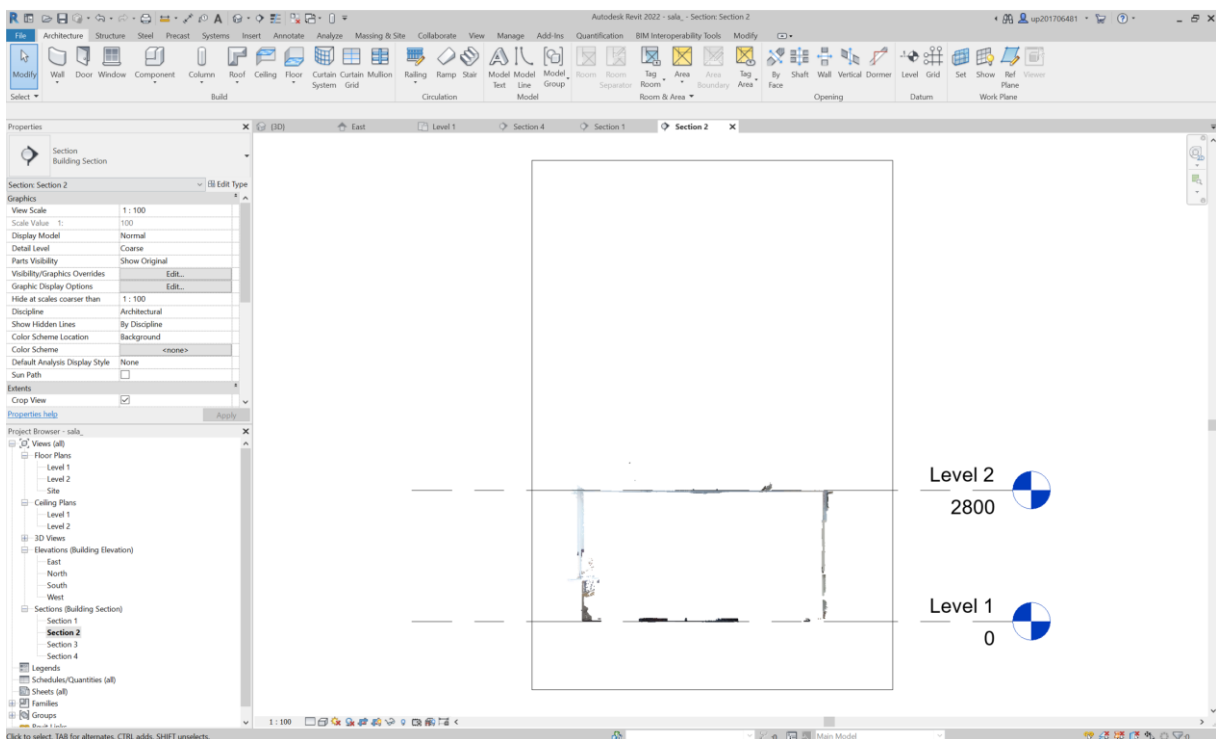


Fig.65 – Definição dos levels através de uma Section View no Revit

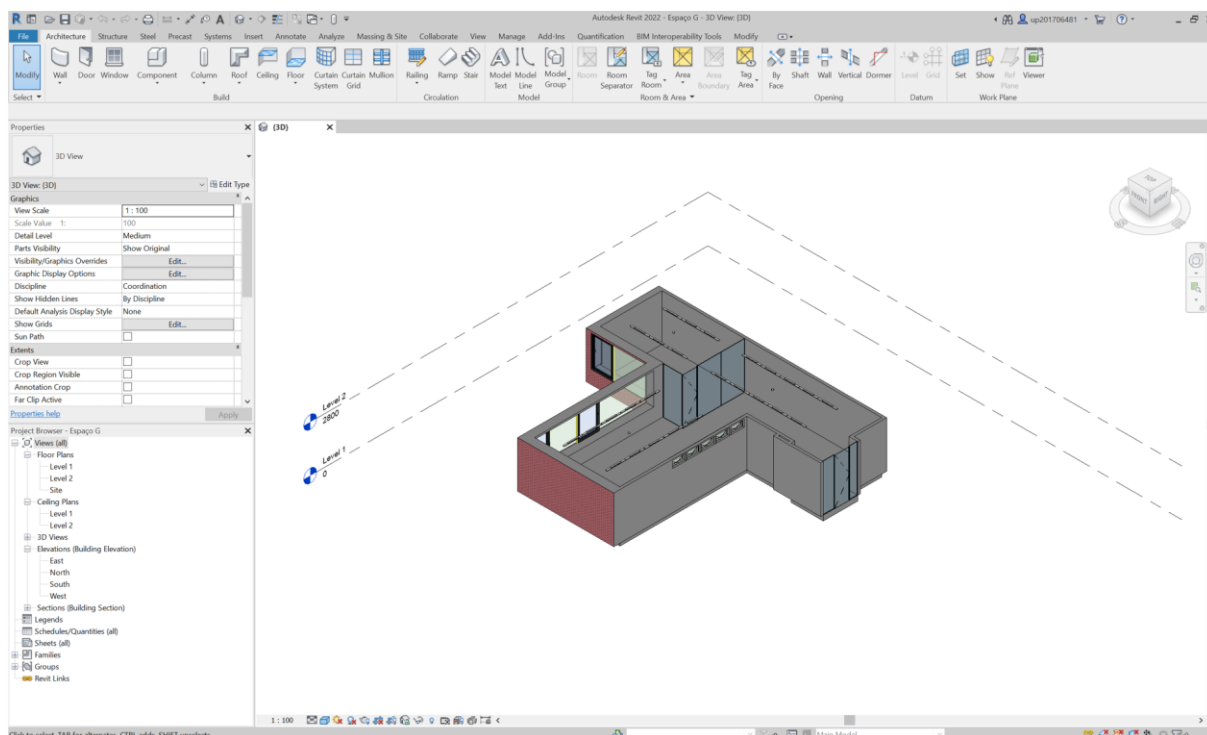


Fig.66 – Modelo Final do “Espaço G”

6.6. CLASSIFICAÇÃO SECCLASS DOS EFM

Tendo finalizado o desenvolvimento do modelo BIM, procede-se à classificação do EFM *Floor* segundo o sistema de classificação Secclass. Como se verifica na Fig.67, o elemento é caracterizado como um sistema de carpete fixo. Posteriormente, classificam-se os restantes EFM, nomeadamente Walls, Windows, Curtain Panels, *Lighting Fixtures*, Ceilings.

Este processo de classificação terá relevância para a rotina Dynamo relativa à importação da informação dos parâmetros desenvolvida no subcapítulo 6.8.2.

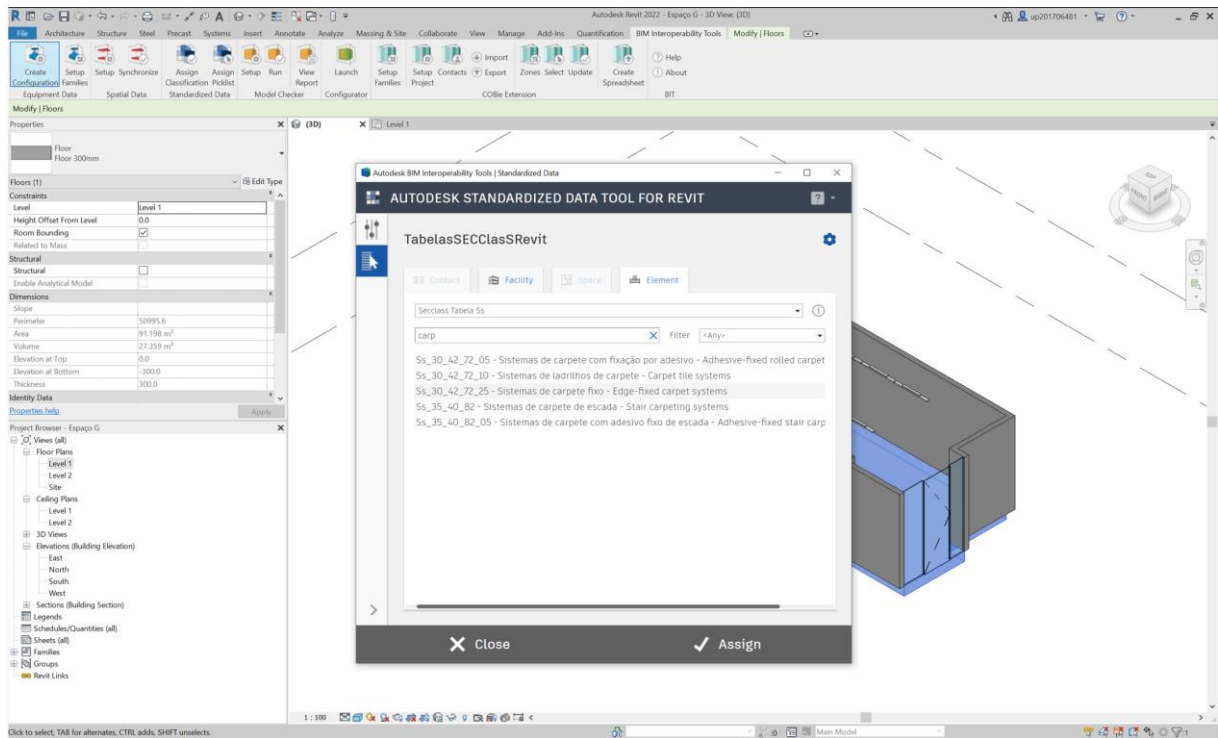


Fig.67 – Classificação do elemento “Floor”

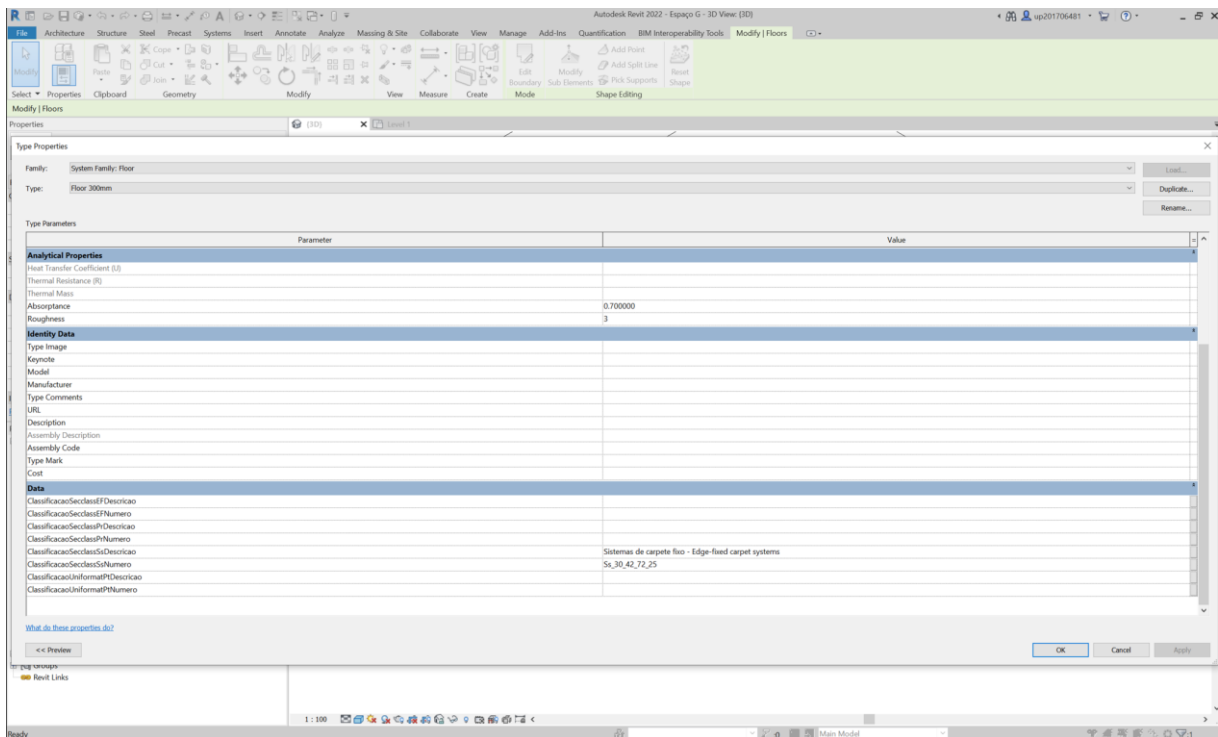


Fig.68 – Classificação do elemento “Floor” nas respectivas propriedades tipo

6.7. BASE DE DADOS EM EXCEL

Esta fase resume-se na criação de uma base de dados no software Excel correspondente a fichas de manutenção, como se verifica na Fig.69, sendo que, estão de acordo com a ficha de manutenção tipo representada no Quadro 9. Estes dados posteriormente serão importados para o Revit através de rotinas Dynamo.

As fichas de manutenção desenvolvidas encontram-se em anexo.

A		B	C	D	E	F
1			FICHA DE MANUTENÇÃO			
2	Category		Floor			
3	System-Number		Ss_30_42_72_25			
4	System-Description		Sistemas de carpete fixo - Edge-fixed carpet systems			
5	Product-Number		-			
6	Product-Description		-			
7	Operação	Procedimentos	Execução	Responsável	Ocorrência	Custo
8	Inspeção	Inspeção visual do revestimento	Certificar que o pavimento se encontra limpo e livre de detritos ou sujeira antes do início da inspeção, assim como, bem iluminado para facilitar a identificação de possíveis danos no revestimento. Verificar a existência de áreas que apresentem manchas ou descoloração na carpete. Posteriormente identificar a causa. Verificar a textura da carpete para verificar se existem áreas que apresentem sinais de desgaste. Se houver alguma área que esteja diferente do resto da carpete, isso pode indicar um problema.	Utente	0,00	\$ -
9	Limpeza	Limpeza Regular Limpeza Profunda Limpeza de Emergência	Aspirar semanalmente a carpete no sentido das fibras para remoção da sujeira, poeira e outros detritos impedindo acumulação de sujidade nas fibras da carpete e mantendo a boa aparência da mesma. Limpar a carpete com uma máquina de limpeza a vapor para remover as manchas e sujeira acumulada mais profundamente na carpete. Em caso de derrames de líquidos fazer uma limpeza imediatamente pois facilita o processo. Usar um pano limpo para absorver o excesso de líquido e, em seguida, limpar a área com uma mistura de água e vinagre.	Utente	0,00	\$ -
10	Medidas pró-ativas ou preventivas	Prevenção de sujeira Cuidado com o revestimento Cuidado com animais de estimação Manutenção preventiva	Usar tapetes na entrada dos ambientes para evitar que a sujeira do exterior seja levada para o interior dos mesmos. Evitar expor a carpete a produtos químicos fortes ou arrastar objetos pesados que possam danificar o revestimento. Evitar deixar animais de estimação soltos na área com carpete, pois eles podem causar danos com suas garras ou urina. Contratar uma empresa especializada em limpeza de carpetes para fazer a limpeza profunda a cada seis meses e para fazer a manutenção preventiva da carpete, verificando e corrigindo problemas antes que se tornem mais graves.	Utente	0,00	\$ -
11	Medidas reativas ou corretivas	Remoção de manchas Reparo de rasgos e buracos Restauração de desgaste Reinstalação da carpete Substituição da carpete	Antes de aplicar qualquer produto ter em conta as especificações do fabricante e posteriormente testá-lo numa área reduzida. A solução mais simples consiste em aplicar sabão em pó sobre a área afetada e esfregar com um pano de microfibras. Caso as manchas mantenham-se contratar uma empresa especializada em limpeza de carpetes. Na existência de rasgos ou buracos na carpete, proceder a remendos ou a substituição da seção danificada da carpete. Caso a carpete apresente desgaste em áreas de alto tráfego, é possível restaurar a aparência dessas áreas com a ajuda de uma empresa especializada em limpeza de carpetes, que aplica produtos específicos para restaurar a cor e o brilho da carpete. Caso a carpete se encontre solta ou enrugada reinstalá-la para garantir que ela fique plana e segura. Caso a carpete esteja muito danificada ou desgastada, proceder à sua substituição.	Técnico	0,00	\$ -
12	Substituição	Remoção da carpete existente Preparação do piso Instalação da nova carpete Limpeza da carpete	Remover a carpete antiga com o auxílio de uma faca de carpete. Após a remoção da carpete antiga, limpar e nivelar o piso, e reparar eventuais danos. Em alguns casos, pode ser necessário instalar uma nova subcamada para garantir uma base sólida para a nova carpete. A nova carpete é cortada e ajustada ao tamanho e forma da área a ser coberta. Posteriormente esta é fixada. Após a instalação da carpete, cortar e ajustar eventuais bordas irregulares e certificar que as juntas estão impercetíveis. Por fim aspirar e limpar a carpete para remover eventuais poeiras ou detritos.	Técnico	0,00	\$ -
13						

Fig.69 – Base de dados em Excel

6.8. ROTINAS DYNAMO

Tendo finalizado as fichas de manutenção mencionadas procede-se à sua importação para o modelo Revit, para tal criam-se rotinas Dynamo. Estas rotinas baseiam-se em três etapas nomeadamente, criação de parâmetros, importação da informação dos mesmos e por último a extração dos dados.

6.8.1. CRIAÇÃO DE PARÂMETROS

Como já referido, a criação de parâmetros corresponde à primeira rotina Dynamo e consiste em três fases, sendo a primeira a seleção do ficheiro Excel assim como o nome da “Folha” que contém os parâmetros pretendidos como se pode verificar na Fig.70. Para tal foram utilizados os nodes *File Path*, *File From Path*, *Code Block* e *Boolean* para fornecer o conjunto de informações que o node *Data.ImportExcel* exige.

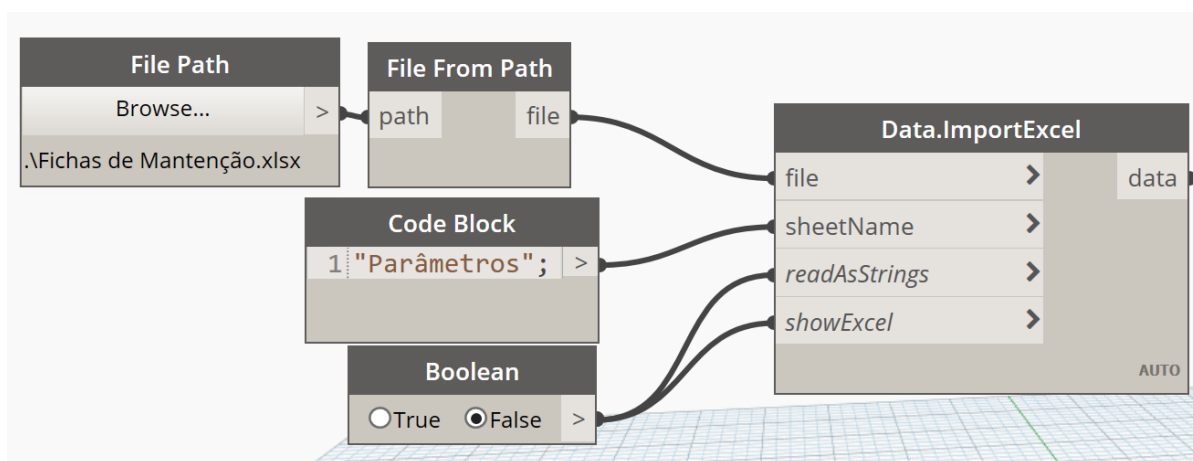


Fig.70 – Seleção do ficheiro Excel

A segunda fase baseia-se na organização das listas de parâmetros previamente importadas, como se pode observar na Fig.71. Para tal utilizam-se os nodes: *List.Transpose* que permite transpor uma lista bidimensional, isto é, converte as suas linhas em colunas e vice-versa; *List.FilterByBoolMask* que permite filtrar uma lista procurando por índices correspondentes numa lista de valores booleanos; *List.RestOfItems* que remove o primeiro elemento das listas fornecidas.

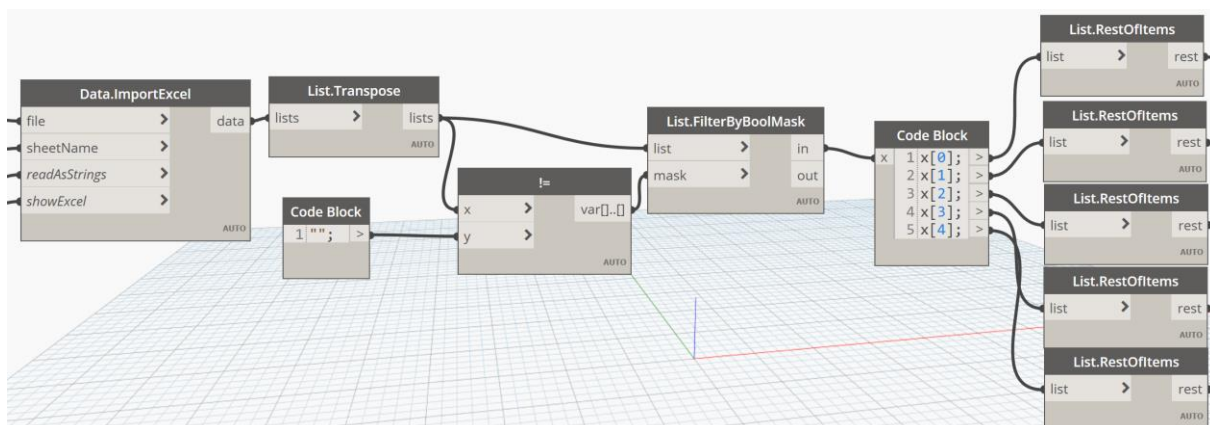


Fig.71 – Organização das listas

Após a organização das listas procede-se à última fase que é a criação dos parâmetros. Para tal, foram utilizados os nodes *List.RestOfItems*, *Code Block*, *Select Parameter Type*, *Category.ByName* e *Boolean* para fornecer o conjunto de informações que o node *Parameter.CreateSharedParameter* exige.

Tendo em conta os parâmetros criados, no node *Select Parameter Type* seleccionou-se os tipos *Text* para os parâmetros relativos a procedimentos e execuções, pois apenas serão preenchidos com caracteres do tipo texto, *TimeInterval* para os parâmetros de ocorrências pois envolvem tempo, e por último *Currency* para os parâmetros de custos.

Como se verifica na Fig.72 a categoria para qual os parâmetros foram criados foi a categoria “Floors”. Posteriormente atribui-se os mesmos parâmetros às categorias *Walls*, *Windows*, *Curtain Panels*, *Ceilings*, *Lighting Fixtures*, para tal, procede-se à execução de rotinas similares, no entanto, procede-se à alteração dos termos no node *Code Block* consoante a categoria pretendida.

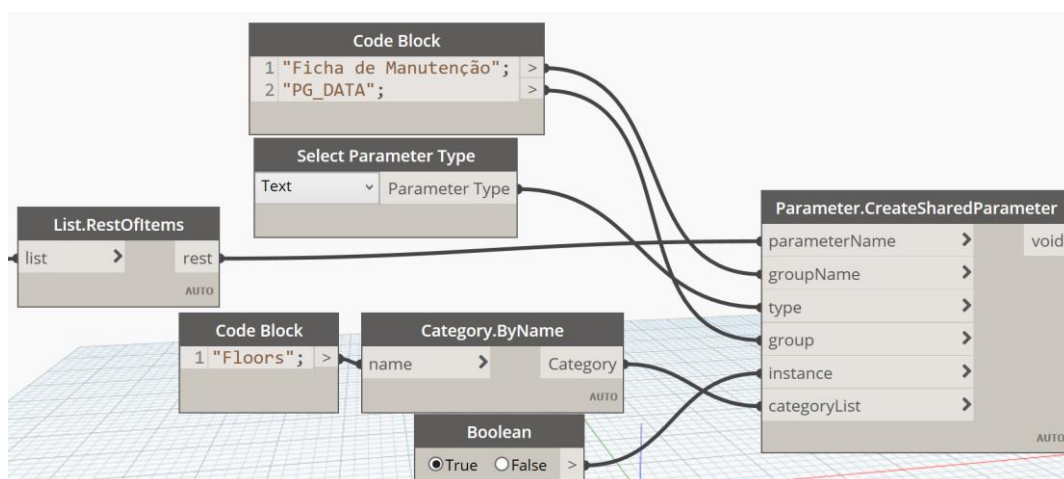


Fig.72 – Criação dos parâmetros

Na Fig.73 é possível observar os parâmetros originais do elemento “Floor”, assim como, os novos parâmetros criados.

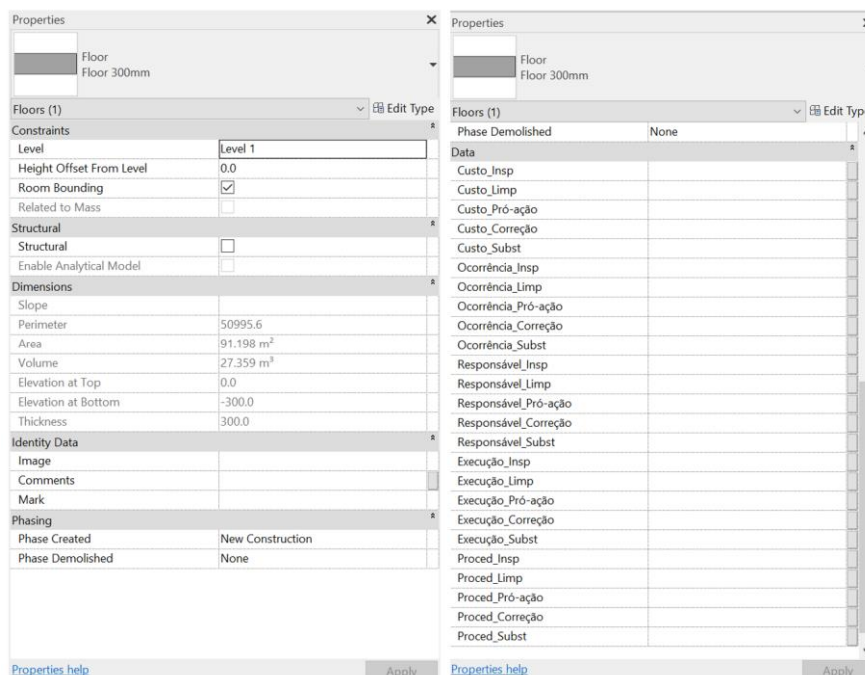


Fig.73 – Parâmetros Originais vs Parâmetros Criados no elemento “Floor”

6.8.2. IMPORTAÇÃO DA INFORMAÇÃO DOS PARÂMETROS

A segunda rotina é a importação da informação associada a cada parâmetro.

Esta rotina também consiste em três fases, sendo a primeira representada na Fig.74 e destinada à seleção do ficheiro Excel, assim como, dos nomes das “Folhas” que contêm tanto os parâmetros, como os seus respetivos conteúdos.

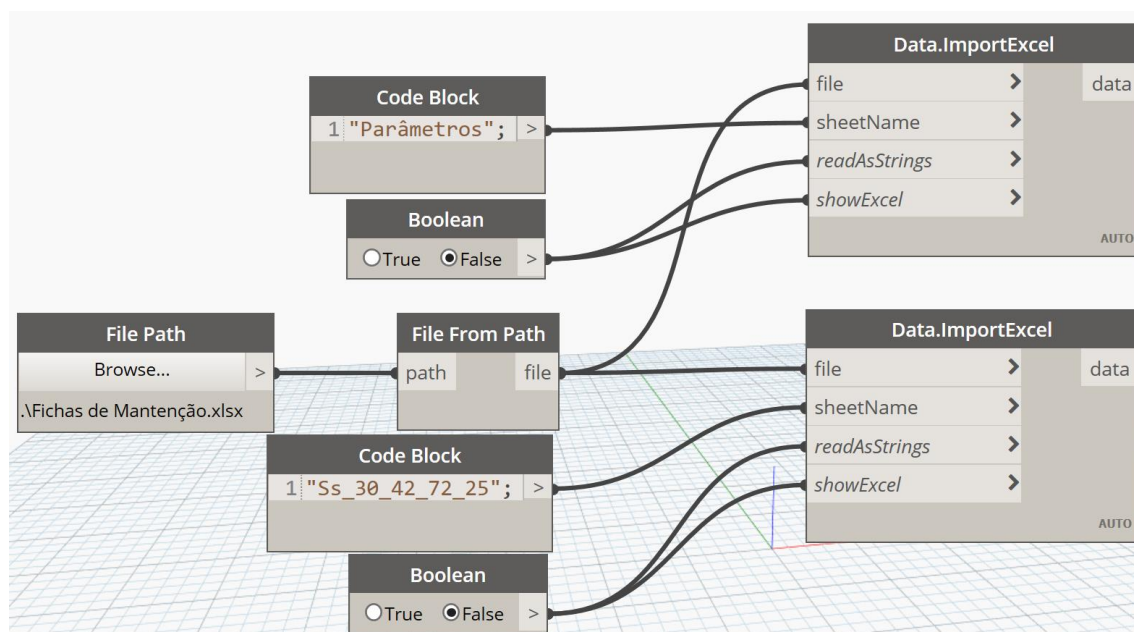


Fig.74 – Seleção do ficheiro Excel

A segunda fase está representada na Fig.75 e consiste na organização das listas, semelhante à segunda fase da primeira rotina Dynamo.

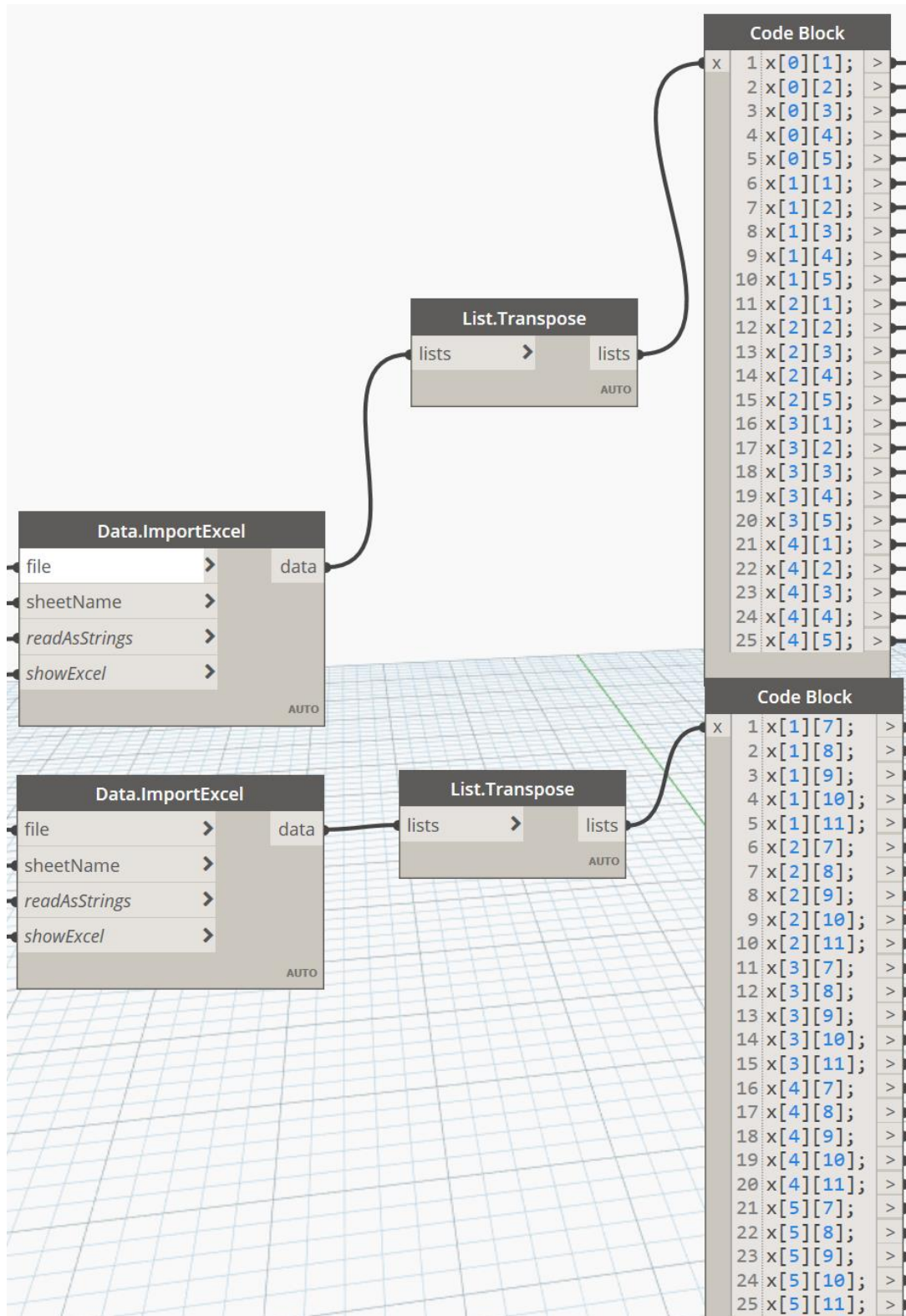


Fig.75 – Organização das listas

A última fase, corresponde à atribuição das informações das atividades de manutenção aos respetivos parâmetros como se verifica na Fig.76. Para tal foram utilizados os nodes *Element.SetParameterByName* que define o valor de um parâmetro de um elemento no modelo BIM, *Categories* e *All Elements of Category* para obter todos os elementos da categoria “Floors”, == para identificar os elementos classificados como Ss_30_42_72_25.

Resumindo, esta rotina atribui as informações de manutenção aos respetivos parâmetros de todos os elementos da categoria “Floors” classificados como sistema de carpete fixo (Ss_30_42_72_25). Trata-se de um filtro importante pois o facto de dois elementos pertencerem à mesma categoria não quer dizer que possuem a mesma ficha de manutenção. As fichas de manutenção de um pavimento revestido com ladrilho não terão o mesmo conteúdo que as de um pavimento revestido com carpete.

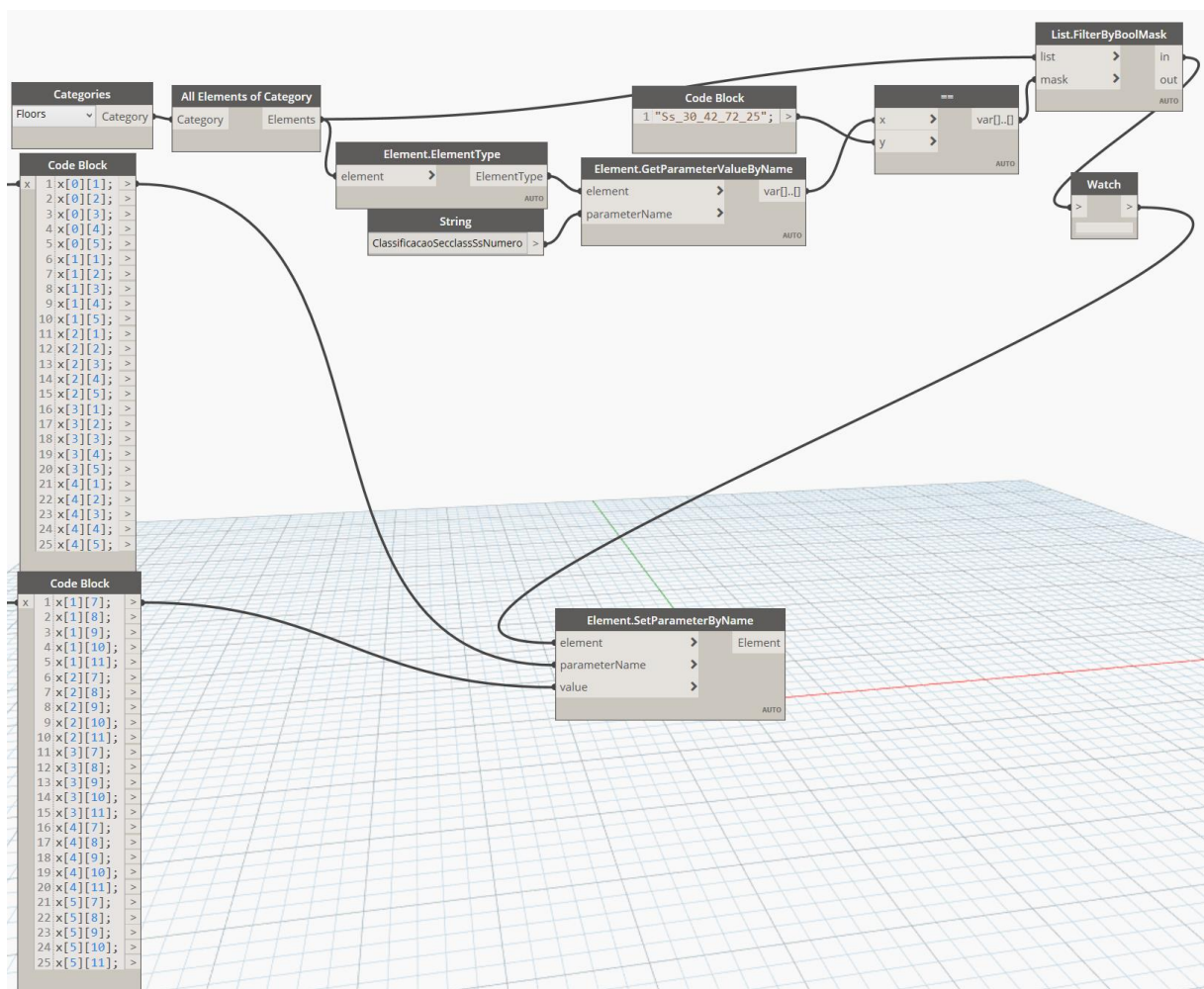


Fig.76 – Preenchimento dos Parâmetros

Na Fig. 77 é possível verificar os parâmetros criados com as respetivas informações de manutenção no elemento Floor classificado como sistema de carpete fixo.

Floors (1)	
Phase Demolished	None
Data	
Custo_Insp	0.00
Custo_Limp	0.00
Custo_Pró-ação	0.00
Custo_Correção	0.00
Custo_Subst	0.00
Ocorrência_Insp	0.000
Ocorrência_Limp	0.000
Ocorrência_Pró-ação	0.000
Ocorrência_Correção	0.000
Ocorrência_Subst	0.000
Responsável_Insp	Utente
Responsável_Limp	Utente
Responsável_Pró-ação	Utente
Responsável_Correção	Técnico
Responsável_Subst	Técnico
Execução_Insp	Certificar que o pavimento se e...
Execução_Limp	Aspirar semanalmente a carpet...
Execução_Pró-ação	Usar tapetes na entrada dos a...
Execução_Correção	Antes de aplicar qualquer prod...
Execução_Subst	Remover a carpete antiga com ...
Proced_Insp	Inspeção visual do revestimento
Proced_Limp	Limpeza Regular...
Proced_Pró-ação	Prevenção de sujeira...
Proced_Correção	Remoção de manchas...
Proced_Subst	Remoção da carpete existente...

Fig.77 – Parâmetros criados com as respetivas informações de manutenção no elemento “Floor”

6.8.3. EXTRAÇÃO DOS DADOS

A última rotina destina-se à extração dos parâmetros criados bem como os seus conteúdos, de um EFM, para um novo ficheiro Excel.

Esta rotina também consiste em três fases, sendo a primeira representada na Fig.78 e destinada à seleção dos parâmetros criados provenientes do ficheiro Excel.

A segunda fase baseia-se na escolha do EFM, para tal recorre-se ao node *Select Model Element* que identifica o ID do elemento selecionado no modelo.

Por último, procede-se a extração dos dados para um novo ficheiro Excel através do node *Data.ExportExcel*. As duas últimas fases estão representadas na Fig.79, já a Fig.80 corresponde aos dados extraídos com a rotina.

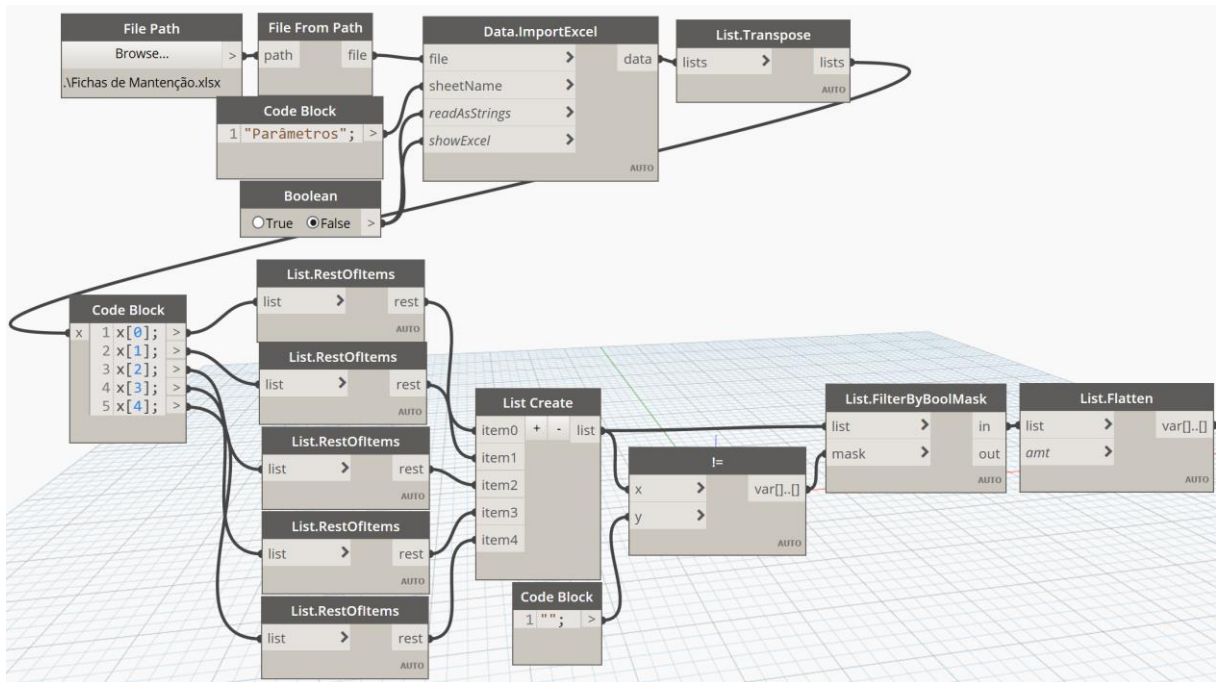


Fig.78 – Lista dos parâmetros criados

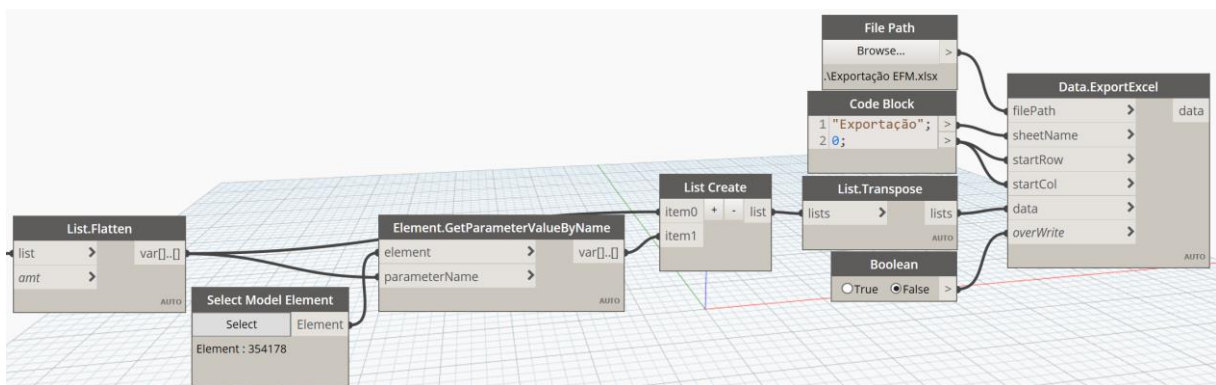


Fig.79 – Seleção do EFM do modelo e exportação das informações para o Excel

A		B
1	Proced_Insp	Inspeção visual do revestimento
		Limpeza Regular
	Proced_Limp	Limpeza Profunda
2		Limpeza de Emergência
		Prevenção de sujeira
	Proced_Pró-ção	Cuidado com o revestimento
		Cuidado com animais de estimação
3		Manutenção preventiva
		Remoção de manchas
	Proced_Correção	Reparo de rasgos e buracos
		Restauração de desgaste
		Reinstalação da carpete
4		Substituição da carpete
		Remoção da carpete existente
	Proced_Subst	Preparação do piso
		Instalação da nova carpete
5		Limpeza da carpete
	Execução_Insp	Certificar que o pavimento se encontra limpo e livre de detritos ou sujeira antes do início da inspeção, assim como, bem iluminado para facilitar a identificação de possíveis danos no revestimento.
		Verificar a existência de áreas que apresentem manchas ou descoloração na carpete. Posteriormente identificar a causa.
6		Verificar a textura da carpete para verificar se existem áreas que apresentem sinais de desgaste. Se houver alguma área que esteja diferente do resto da carpete, isso pode indicar um problema.
	Execução_Limp	Aspirar semanalmente a carpete no sentido das fibras para remoção da sujeira, poeira e outros detritos impedindo acumulação de sujeira nas fibras da carpete e mantendo a boa aparência da mesma.
		Limpar a carpete com uma máquina de limpeza a vapor para remover as manchas e sujeira acumulada mais profundamente na carpete.
7		Em caso de derrames de líquidos fazer uma limpeza imediatamente pois facilita o processo. Usar um pano limpo para absorver o excesso de líquido e, em seguida, limpar a área com uma mistura de água e vinagre.
		Usar tapetes na entrada dos ambientes para evitar que a sujeira do exterior seja levada para o interior dos mesmos.

Fig.80 – Dados provenientes da rotina para extração dos parâmetros e conteúdos criados

7

CONCLUSÃO

7.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

À partida deste trabalho estabeleceram-se os seguintes objetivos:

- Colmatar a ausência de informação sobre as tecnologias abordadas, nomeadamente BIM e laser scanning
- Propor um guia apresentando o fluxo de trabalhos para a utilização da tecnologia laser scanning
- Identificar os requisitos de manutenção associados a um edifício
- Identificar o conjunto de procedimentos para introdução de conteúdos de manutenção em BIM
- Perceber se a adoção da tecnologia laser scanning tem alguma vantagem para a manutenção de edifícios

O primeiro objetivo foi atingido com o desenvolvimento do Capítulo 3, que aborda ambas as tecnologias.

O segundo objetivo também foi alcançado, pois o Capítulo 5 corresponde à proposta desse guia.

No Subcapítulo 5.7 analisa-se o modelo de uma ficha de manutenção identificando as atividades de manutenção mais relevantes, como sendo, inspeção, limpeza, pró-ação, correção e substituição.

O Subcapítulo 6.8. apresenta as rotinas Dynamo necessárias para a importação das informações de manutenção para o modelo BIM.

Com a realização deste trabalho conclui-se que a grande utilidade do laser scanner é sem dúvida permitir fazer o levantamento de espaços e edifícios, e consequentemente permitir a modelação dos mesmos, no entanto, pode tratar-se de um processo bastante demorado dependendo das condições que se encontrem nas situações reais, nomeadamente, a existência de superfícies altamente refletidas que potenciam o aumento de ruído, assim como, a presença de mobiliário contribui para um processo de limpeza da nuvem de pontos mais complexo. No entanto, a tecnologia laser scanning não apresenta qualquer vantagem na manutenção de edifícios.

Relativamente às rotinas Dynamo desenvolvidas, mais concretamente na segunda, relativa à importação das informações de manutenção, verifica-se a existência de limitações.

Note que, o processo de vinculação do conteúdo ao seu parâmetro é feito tendo por base a posição de ambos na base de dados como se verifica na Fig. 76.

Tendo em conta, que se tratam de conteúdos de manutenção, para cada umas das cinco atividades de manutenção estão associados diferentes números de procedimentos, e para cada procedimento existem várias tarefas de execução.

Para uma melhor percepção desenvolveu-se a ficha de manutenção tipo representada no Quadro.10. Analisando a mesma, verifica-se que a atividade de inspeção possui dois procedimentos, dado que o primeiro consiste na execução de três tarefas, enquanto que o segundo em apenas duas, sendo que, a cada tarefa de execução é lhe atribuída um responsável, uma ocorrência e um custo.

Resumindo, caso se pretenda ter associado a cada tarefa de execução, o seu responsável, a sua ocorrência e o seu custo, serão necessários criar um número de parâmetros equivalentes a cinco vezes o número total de tarefas de execução para todas as atividades de manutenção.

Tratando-se de um procedimento possível, está longe de ser o ideal pois obriga uma modificação do código sempre que se pretenda aplicar a outro EFM, pois cada elemento possui diferentes números de procedimentos e tarefas de execução.

Quadro 10 – Exemplo de Ficha de Manutenção Tipo

Ficha de Manutenção					
Categoria					
System-Number					
System-Description					
Product-Number					
Product-Description					
Operação	Procedimentos	Execução	Responsável	Ocorrência	Custo
Inspeção	P1	E11	R11	O11	C11
	P1	E12	R12	O12	C12
	P1	E13	R13	O13	C13
	P2	E21	R21	O21	C21
	P2	E22	R22	O22	C22
Limpeza					
Medidas Pró-ativas ou Preventivas					
Medidas Reativas ou Corretivas					
Substituição					

7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Tendo em conta o âmbito da presente dissertação sugere-se os seguintes temas para desenvolvimentos futuros:

- No domínio da futurologia, **o reconhecimento automático por inteligência artificial (IA) de superfícies:** pois possibilita uma análise rápida e eficiente das nuvens de pontos. Em contraste com análises manuais demoradas, a IA é capaz de processar e classificar as superfícies de forma automática, resultando numa redução do período de análise e minimização do esforço manual necessário.
- **O desenvolvimento de padrões específicos para a descrição de tarefas de manutenção nas IFC:** o desenvolvimento desses padrões pretende fornecer uma estrutura comum para descrever e trocar informações relacionadas às tarefas de manutenção, garantindo a interoperabilidade entre os diferentes sistemas e organizações.
- **Monitoramento contínuo do desempenho dos componentes do edifício:** com a utilização de sensores e dispositivos IoT (Internet das Coisas) é possível recolher dados de desempenho dos componentes do edifício. Esses dados podem ser integrados aos modelos BIM, fornecendo informações em tempo real sobre o estado e a condição dos componentes, o que permite planear e otimizar as intervenções de manutenção preventiva.
- **Domínio do Laser de luz estruturada:** é uma ferramenta útil para a manutenção de edifícios devido à sua capacidade de projetar padrões de luz específicos em superfícies. Essa projeção de padrões de luz oferece várias vantagens para a realização de tarefas de manutenção e inspeção em edifícios. Uma das vantagens é a identificação de deformações e irregularidades em paredes, lajes, pilares e outras estruturas do edifício.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Disponível em [www:< https://www.interplaylearning.com/blog/facilities-maintenance-building-maintenance-everything-you-need-to-know/ >](https://www.interplaylearning.com/blog/facilities-maintenance-building-maintenance-everything-you-need-to-know/). Consult. 6 março 2023.
- [2] Disponível em [www:< https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/bestof/12_13/files/REL_12MC08_01.PDF >](https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/bestof/12_13/files/REL_12MC08_01.PDF). Consult. 6 março 2023.
- [3] Disponível em [www:< https://www.autodesk.com/industry/aec/bim/benefits-of-bim >](https://www.autodesk.com/industry/aec/bim/benefits-of-bim). Consult. 8 março 2023.
- [4] Disponível em [www:< https://www.idealista.pt/news/imobiliario/construcao/2021/12/27/50277-o-que-e-o-bim-e-que-vantagens-traz-para-a-construcao >](https://www.idealista.pt/news/imobiliario/construcao/2021/12/27/50277-o-que-e-o-bim-e-que-vantagens-traz-para-a-construcao). Consult. 8 março 2023.
- [5] Disponível em [www:< https://biblus.accasoftware.com/ptb/o-papel-do-bim-na-fase-de-manutencao-de-um-ativo/>](https://biblus.accasoftware.com/ptb/o-papel-do-bim-na-fase-de-manutencao-de-um-ativo/). Consult. 7 abril 2023.
- [6] Rodrigues, Rui Manuel Gonçalves Calejo. *Gestão de Edifícios: Modelos de Simulação Técnica-económica*. Dissertação de Doutoramento, FEUP, 2001.
- [7] Rodrigues, Rui Manuel Gonçalves Calejo. *Manutenção de Edifícios: Análise e Exploração de um Banco de Dados Sobre um Parque Habitacional*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 1989.
- [8] Lopes, Tiago José Oliveira Lima Portugal. *Fenómenos de Pré-Patologia em Manutenção de Edifícios Aplicação aos Revestimentos ETICS*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2005.
- [9] I. Motawa, A. Almarshad. *A Knowledge-based BIM system for building maintenance*. Automation in Construction, vol.29, 2013, pp.173-182.
- [10] X. Xiong, A. Adan, B. Akinci, D. Huber. *Automatic creation of semantically rich 3D building models from laser scanner data*. Automation in Construction, vol.31, 2013, pp.325-337.
- [11] P. Bozorgi, X. Gao, C. Eastman, A. Self. *Planning and developing facility management-enabled building information model (FM-enabled BIM)*. Automation in Construction, vol.87, 2018, pp.22-38.
- [12] X. Xiong, A. Adan, B. Akinci, S. Huber. *Automatic creation of semantically rich 3D building models from laser scanner data*. Automation in Construction, vol.31, 2018, pp.325-337.
- [13] J. Jung, S. Hong, S. Jeong, S. Kim, H. Cho, S. Hong, J. Heo. *Productive modeling for development of as-built BIM existing indoor structures*. Automation in Construction, vol.42, 2014, pp.68-77.
- [14] C. Wang, Y. Cho. *Performance Evaluation of Automatically Generated BIM from Laser Scanner Data for Sustainability Analyses*. Procedia Engineering, vol.118, 2015, pp.918-925.
- [15] M. Bassier, M. Vergauwen, B. Genechten. *Automated Classification of Heritage Buildings for As-Built BIM using Machine Learning Techniques*. 2017.
- [16] H. Macher, T. Landres, P. Grussenmeyer. *From Point Clouds to Building Information Models: 3D Semi-Automatic Reconstruction of Indoors of Existing Buildings*. 2017.
- [17] L. Vilarino, E. Frias, J. Balado, H. Jorge. *Scan Planning and Route Optimization for Control of Execution of As-Designed BIM*. 2018.

- [18] M. Brutto, E. Iuculano, P. Giudice. *Integrating Topographic, Photogrammetric and Laser Scanning Techniques for a Scan-to-BIM Process*. 2021.
- [19] C. Wang, Y. Cho. *Performance evaluation of automatically generated BIM from laser scanner data for sustainability analyses*. *Procedia Engineering*, vol.118, 2015, pp.918-925.
- [20] S. Lagueta, L. Vilarino, J. Martínez, J. Armestro. *Automatic thermographic and RGB texture os as-built BIM for energy rehabilitation purposes*. *Automation in Construction*, vol.31, 2013, pp.230-240.
- [21] L. Sanhudo, N. Ramos, J. Martins, R. Almeida, E. Barreira, M. Simões, V. Cardoso. *A framework for in-situ geometric data acquisition using laser scanning for BIM modelling*. *Journal of Building Engineering*, vol.28, 2020.
- [22] Fontes, Alexandre Daniel Ribeiro. *Proposta de Sistema de Gestão da Manutenção de Edifícios Suportado por Ferramentas BIM*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2014.
- [23] Silva, Gabriel Marchi. *Estruturação de Informação de Manutenção em BIM*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2020.
- [24] Pona, Paulo Jorge Martins Rodrigues. *Levantamento Expedito de Edifícios com Recurso a Laser Scanner*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2017.
- [25] Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling For Owners, Designers, Engineers, Contractors and Facility Managers*. John Wiley & Sons Inc., New Jersey, 2018.
- [26] Apontamentos da Unidade Curricular (UC) BIM
- [27] Disponível em [www:< https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/210099/bis-13-955-construction-2025-industrial-strategy.pdf>](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/210099/bis-13-955-construction-2025-industrial-strategy.pdf). Consult. 3 maio 2023.
- [28] Disponível em [www:< https://www.researchgate.net/figure/MacLeamy-Curve-2-Curve-4-preferred-design-process-describes-BIM-design-process_fig1_331983271>](https://www.researchgate.net/figure/MacLeamy-Curve-2-Curve-4-preferred-design-process-describes-BIM-design-process_fig1_331983271). Consult. 3 maio 2023.
- [29] Disponível em [www:< https://www.hfms.org.hu/joomla/images/stories/PAS/PAS1192-2-BIM.pdf>](https://www.hfms.org.hu/joomla/images/stories/PAS/PAS1192-2-BIM.pdf). Consult. 4 maio 2023.
- [30] Lázaro, Pedro Miguel Andrade. *Gestão da Informação na Construção – Aplicação de Ferramentas Colaborativas no Desenvolvimento de Projetos de Construção*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2010.
- [31] Disponível em [www:< https://constructingexcellence.org.uk/wp-content/uploads/2014/10/Constructing-the-team-The-Latham-Report.pdf>](https://constructingexcellence.org.uk/wp-content/uploads/2014/10/Constructing-the-team-The-Latham-Report.pdf). Consult. 6 maio 2023.
- [32] Disponível em [www:< https://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php/Sistemas_de_Informa%C3%A7%C3%A3o_para_a_Constru%C3%A7%C3%A3o:BIM >](https://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php/Sistemas_de_Informa%C3%A7%C3%A3o_para_a_Constru%C3%A7%C3%A3o:BIM). Consult. 8 maio 2023.
- [33] Disponível em [www:< https://biblus.accasoftware.com/ptb/as-dimensoes-do-bim-3d-4d-5d-6d-7d/ >](https://biblus.accasoftware.com/ptb/as-dimensoes-do-bim-3d-4d-5d-6d-7d/). Consult. 12 maio 2023.
- [34] R. Charef, H. Alaka, and S. Emmitt. *Beyond the third dimension of BIM: A systematic review of literature and assessment of professional views*. *J. Build. Eng.*, vol. 19, 2018, pp. 242– 257.

- [35] Disponível em [www:< https://www.united-bim.com/bim-level-of-development-lod-100-200-300-350-400-500/>](https://www.united-bim.com/bim-level-of-development-lod-100-200-300-350-400-500/). Consult. 12 maio 2023.
- [36] Disponível em [www:< https://www.researchgate.net/figure/Sample-of-LOD-BIM-by-using-A-Chair-McPhee-2013_fig1_261288209>](https://www.researchgate.net/figure/Sample-of-LOD-BIM-by-using-A-Chair-McPhee-2013_fig1_261288209). Consult. 18 maio 2023.
- [37] Disponível em [www:< https://www.accasoftware.com/en/open-bim-vs-closed-bim?utm_source=google&utm_medium=cpc >](https://www.accasoftware.com/en/open-bim-vs-closed-bim?utm_source=google&utm_medium=cpc). Consult. 18 maio 2023.
- [38] ISO, Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1 Concepts and principles: ISO 19650-1:2018, Geneva, 2018.
- [39] Guia de utilização das tabelas do sistema Secclass, Lisboa, 2022
- [40] Disponível em [www:< https://www.dronefly.com/blogs/news/drone-lidar-vs-drone-photogrammetry/>](https://www.dronefly.com/blogs/news/drone-lidar-vs-drone-photogrammetry/). Consult. 20 maio 2023.
- [41] C. Wang, Y. ChoL, C. Kim. *Automatic BIM component extraction from point clouds of existing buildings for sustainability applications*. Automation in Construction, vol.56, 2015, pp. 1-13.
- [42] Manual Leica BLK 360. Disponível em [www:< https://shop.leica-geosystems.com/leica-blk/blk360/blk360-manuals-and-support-documents>](https://shop.leica-geosystems.com/leica-blk/blk360/blk360-manuals-and-support-documents). Consult. 15 abril 2023.
- [43] Disponível em [www:< https://interoperability.autodesk.com/ >](https://interoperability.autodesk.com/). Consult. 15 abril 2023.
- [44] Disponível em [www:< https://secclass.pt/autodesk-classification-manager/>](https://secclass.pt/autodesk-classification-manager/). Consult. 15 abril 2023.

ANEXO A1

FICHAS DE MANUTENÇÃO

Ficha de Manutenção					
Category	Floor				
System-Number	Ss_30_42_72_25				
System-Description	Sistemas de carpete fixo - Edge-fixed carpet systems				
Product-Number	-				
Product-Description	-				
Operação	Procedimentos	Execução	Responsável	Ocorrência	Custo
Inspeção	Inspeção visual do revestimento	Certificar que o pavimento se encontra limpo e livre de detritos ou sujeira antes do início da inspeção, assim como, bem iluminado para facilitar a identificação de possíveis danos no revestimento. Verificar a existência de áreas que apresentem manchas ou descoloração na carpete. Posteriormente identificar a causa. Verificar a textura da carpete para verificar se existem áreas que apresentem sinais de desgaste. Se houver alguma área que esteja diferente do resto da carpete, isso pode indicar um problema.	Utente	0	0\$
Limpeza	Limpeza Regular	Aspirar semanalmente a carpete no sentido das fibras para remoção da sujeira, poeira e outros detritos impedindo acumulação de sujidade nas fibras da carpete e mantendo a boa aparência da mesma.	Utente	0	0\$
	Limpeza Profunda	Limpar a carpete com uma máquina de limpeza a vapor para remover as manchas e sujeira acumulada mais profundamente na carpete.			
	Limpeza de Emergência	Em caso de derrames de líquidos fazer uma limpeza imediatamente pois facilita o processo. Usar um pano limpo para absorver o excesso de líquido e, em seguida, limpar a área com uma mistura de água e vinagre.			
Medidas Pró-ativas ou Preventivas	Prevenção de sujeira	Usar tapetes na entrada dos ambientes para evitar que a sujeira do exterior seja levada para o interior dos mesmos.	Utente	0	0\$
	Cuidado com o revestimento	Evitar expor a carpete a produtos químicos fortes ou arrastar objetos pesados que possam danificar o revestimento.			
	Cuidado com animais de estimação	Evitar deixar animais de estimação soltos na área com carpete, pois eles podem causar danos com suas garras ou urina.			
	Manutenção preventiva	Contratar uma empresa especializada em limpeza de carpetes para fazer a limpeza profunda a cada seis meses e para fazer a manutenção preventiva da carpete, verificando e corrigindo problemas antes que se tornem mais graves.			
Medidas Reativas ou Corretivas	Remoção de manchas	Antes de aplicar qualquer produto ter em conta as especificações do fabricante e posteriormente testá-lo numa área reduzida. A solução mais simples consiste em aplicar sabão em pó sobre a área afetada e esfregar com um pano de microfibras. Caso as manchas mantenham-se contratar uma empresa especializada em limpeza de carpetes.	Técnico	0	0\$
	Reparo de rasgos e buracos	Na existência de rasgos ou buracos na carpete, proceder a remendos ou a substituição da seção danificada da carpete.			
	Restauração de desgaste	Caso a carpete apresente desgaste em áreas de alto tráfego, é possível restaurar a aparência dessas áreas com a ajuda de uma empresa especializada em limpeza de carpetes, que aplica produtos específicos para restaurar a cor e o brilho da carpete.			
	Reinstalação da carpete	Caso a carpete se encontre solta ou enrugada reinstalá-la para garantir que ela fique plana e segura.			
	Substituição da carpete	Caso a carpete esteja muito danificada ou desgastada, proceder à sua substituição.			
Substituição	Remoção de manchas	Remover a carpete antiga com o auxílio de uma faca de carpete.	Técnico	0	0\$
	Reparo de rasgos e buracos	Após a remoção da carpete antiga, limpar e nivelar o piso, e reparar eventuais danos. Em alguns casos, pode ser necessário instalar uma nova subcamada para garantir uma base sólida para a nova carpete.			
	Restauração de desgaste	A nova carpete é cortada e ajustada ao tamanho e forma da área a ser coberta. Posteriormente esta é fixada.			
	Reinstalação da carpete	Após a instalação da carpete, cortar e ajustar eventuais bordas irregulares e certificar que as juntas estão imperceptíveis.			
	Substituição da carpete	Por fim aspirar e limpar a carpete para remover eventuais poeiras ou detritos.			

