

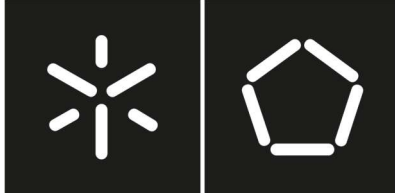


**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Taís Sales Wanderley

**BIM: Caracterização da evolução da oferta curricular e da produção científica, em Portugal**

Junho de 2022



**Universidade do Minho**

Escola de Engenharia

Taís Sales Wanderley

**BIM: Caracterização da evolução da oferta curricular e da produção científica, em Portugal**

Dissertação de Mestrado  
Construção e Reabilitação Sustentáveis

Trabalho efetuado sob a orientação do  
**Professor Doutor José Manuel Cardoso Teixeira**  
e coorientação do  
**Professor Doutor João Pedro Couto**

Junho de 2022

## **DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS**

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada. Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM.

### **Licença concedida aos utilizadores deste trabalho**



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus orientadores, Professor Doutor João Pedro Couto e Professor Doutor José Manuel Cardoso Teixeira, por aceitarem o desafio de me acompanharem nessa jornada de conhecimento.

A todos os professores do curso de mestrado, pelos conhecimentos e competências que me transmitiram ao longo deste percurso académico, que culminaram na elaboração desta dissertação.

Aos meus amigos, familiares, chefes, colegas de trabalho, psicóloga e namorado, por todo apoio recebido. Saibam que foi essencial.

*"Melhore tudo dentro de você, para que tudo melhore ao redor dos seus passos."*

*Chico Xavier*

## **DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE**

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

## **BIM: Caracterização da evolução da oferta curricular e da produção científica, em Portugal**

### **RESUMO**

Esta dissertação propõe a sistematização da informação existente, a partir da análise de duas tendências: a caracterização da produção científica e a caracterização da evolução da oferta curricular, no âmbito da temática BIM. Buscou-se entender como o processo de implementação BIM vem atuando no meio acadêmico, em Portugal, e identificar como ocorre a preparação dos futuros profissionais de engenharia e arquitetura, frente as necessidades de adaptação às novas exigências do mercado, consoante a implementação BIM, que se institui a nível global.

Para o efeito, neste trabalho, foi utilizado o método de pesquisa em linha com o processo de revisão sistemática da literatura (RSL), com vista à caracterização da Produção científica acerca do BIM, em Portugal, fazendo uso de indicadores bibliométricos. Para a RSL, utilizaram-se três bases de dados bibliográficos: *SciVerse Scopus*, *Web of Science*, e *RCAAP*.

O processo de caracterização da oferta curricular decorre, a partir da análise e identificação da existência de unidades curriculares (UC's), com abordagem na metodologia BIM, integradas nos planos curriculares das instituições de ensino e, também, das iniciativas praticadas pelas mesmas instituições, enquanto recursos de implementação do Ensino BIM.

Ao medir a produtividade científica, os resultados indicaram que a Universidade do Minho, a Universidade de Lisboa e a Universidade do Porto são as instituições de ensino que apresentaram o maior número de publicações anual.

Constatou-se que a adaptação da oferta formativa com uma abordagem BIM, pode induzir o número de produção, no âmbito da investigação científica sobre o tema. Assim, as mesmas instituições de ensino que se mostraram com os melhores resultados na produção científica, também se mostram mais ativas quanto à caracterização da evolução da oferta curricular.

Os dados obtidos revelam que houve um crescimento da oferta formativa no âmbito BIM, representando uma evolução, não só, do reconhecimento das instituições de ensino, em adaptar seus currículos a temática BIM, de maneira que integrem os projetos de ensino das universidades, preparando seus discentes à uma melhor entrada no mercado de trabalho, como também, no processo de implementação BIM, a nível nacional.

### **Palavras-Chave**

BIM, Digitalização da Construção, Indústria AEC, Oferta Curricular, Produção científica.

## **BIM: Characterization of the evolution of curricular supply and scientific production, in Portugal**

### **ABSTRACT**

This dissertation proposes the systematization of the existing information, from the analysis of the characterization of two trends, the scientific production, and the evolution of the curricular offer, within the BIM theme. The aim was to understand how the BIM implementation process has been acting in education, in Portugal, and to identify how the preparation of future professionals in engineering and architecture occurs, facing the needs of adaptation to new market demands, according to the BIM implementation, which is instituted globally.

To this end, this work used the online research method with the process of systematic literature review (SLR), in order to characterize the scientific production about BIM in Portugal, using bibliometric indicators. For the RSL, three bibliographic databases were used: SciVerse Scopus, Web of Science, and RCAAP.

The process of characterization of the curricular offer is based on the analysis and identification of the existence of course units (CU's), with approach in BIM methodology, integrated in the curricular plans of the education institutions and, also, of the initiatives practiced by the same institutions, as resources for the implementation of BIM education.

By measuring the scientific productivity, the results indicated that the University of Minho, the University of Lisbon and the University of Porto are the education institutions that presented the highest number of annual publications.

It was found that the adaptation of the training offer with a BIM approach, can induce the number of production, within the scope of scientific research on the subject. Thus, the same educational institutions that showed the best results in scientific production, also show to be more active regarding the characterization of the evolution of the curricular offer.

The data obtained reveal that there was a growth in the supply of BIM training, representing an evolution, not only of the recognition of educational institutions, in adapting their curricula to the BIM theme, so that they integrate the teaching projects of universities, preparing their students to a better entry into the labor market, but also in the BIM implementation process, at a national level.

### **Keywords**

BIM, Digitization of Construction, AEC Industry, Curricular Offering, Scientific Production.



## ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO .....	1
1.1	Enquadramento e Motivação .....	1
1.2	Objetivos e Metodologia da Investigação .....	3
1.3	Estrutura do documento .....	3
2.	ESTADO DA ARTE.....	5
2.1	Revisão Sistemática da Literatura (RSL) .....	5
2.1.1	Conceito RSL .....	5
2.1.2	Etapas de Desenvolvimento de RSL .....	5
2.2	BIM – Modelagem de Informação da Construção .....	7
2.2.1	Conceito BIM.....	7
2.2.2	BIM e Modelagem Paramétrica .....	8
2.2.3	Dimensões nD BIM.....	9
2.2.4	Nível de Desenvolvimento .....	11
2.2.5	Classes de Fundamentos da Indústria.....	13
2.2.6	Interoperabilidade.....	14
2.2.7	BIM Internacional .....	16
2.2.8	BIM em Portugal.....	23
3.	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DA ABORDAGEM .....	25
3.1	Recolha e tratamento dos dados da Produção Científica.....	25
3.1.1	Projeto de Pesquisa.....	25
3.1.2	Compilação dos dados.....	25
3.2	Recolha e tratamento dos dados da Oferta Curricular.....	28
3.2.1	Projeto de Pesquisa.....	28
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1	Caracterização da Produção Científica.....	29
4.1.1	Análise de Dados.....	29
4.1.2	Visualização dos dados .....	30
4.2	Caracterização da Evolução da Oferta Curricular .....	55
4.2.1	Nível de implementação BIM no Ensino .....	55
4.2.2	Divulgação do conhecimento BIM, em Portugal.....	61
4.3	Discussão .....	66

4.3.1	Produção Científica .....	66
4.3.2	Oferta Curricular .....	72
5.	CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....	77
5.1	Conclusões.....	77
5.2	Desenvolvimentos futuros .....	80
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	82
	ANEXO.....	85
	ANEXO 1: AMOSTRA FINAL - <i>SCOPUS E WEB OF SCIENCE</i> .....	85
	ANEXO 2: AMOSTRA FINAL - RCAAP.....	97

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

BIM	<i>Building Information Modeling</i>
ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AECO	Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação
BIM A+	Mestrado Europeu em Building Information Modelling
BIM BR	Building Information Modeling Brasil
BIMClub	Building Information Modeling Club
BIMFORUM	Building Information Modeling FORUM
BIMSIC	BIM e Sistemas de Informação na Construção
CEN/TC 442	<i>European Committee for Standardization/ Technical committee for standardization - BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM)</i>
CT197	Comissão Técnica de Normalização BIM
DEC	Departamento de Engenharia Civil
DECivil	Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georrecursos
ECTS	European Credit Transfer System
EU BIM Task Group	European Union Building Informantion Modeling Group
EUA	Estados Unidos da América
FAUP	Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto
FAUTL	Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
GTBIM	Grupo de Trabalho BIM
IFC	Industry Foundation Classes
IMPIC	Instituto dos Mercados Públicos, do Imobiliário e da Construção
INEGI	Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial
INESC	O Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores
INESC COIMBRA	Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra
INESC TEC	Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Tecnologia e Ciência
INESC-ID	Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores - Investigação e Desenvolvimento
IPL	Instituto Politécnico de Leiria
IPL-ME	Instituto Politécnico de Leiria - Mestrado em Engenharia Civil
IPQ	Instituto Português da Qualidade
ISCTE	Instituto Universitário de Lisboa,
ISCTE-IUL	Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa - Instituto Universitário de Lisboa

ISCTE-MIE	Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa - Mestrado Integrado em Engenharia Civil
ISO	Organization for Standardization
ISO / TC 59	<i>International Organization for Standardization/ Technical committee for standardization - Buildings and civil engineering works</i>
IST	Instituto Superior Técnico
IST-MIA	Instituto Superior Técnico - Mestrado Integrado em Arquitetura
IST-MIE	Instituto Superior Técnico - Mestrado Integrado em Engenharia Civil
IST-UL	Instituto Superior Técnico – Universidade de Lisboa
LEC	Licenciatura em Engenharia Civil
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
LOD	<i>Level of Development</i>
MCRS	Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis
MEAmb.	Mestrado em Engenharia do Ambiente
MEC	Mestrado em Engenharia Civil
MEE	Mestrado em Engenharia de Estruturas
MGPE	Mestrado em Gestão de Projetos de Engenharia
MI	Mestrado Integrado
MIA	Mestrado Integrado em Arquitetura
MIARQ	Mestrado Integrado em Arquitetura
MIE	Mestrado Integrado em Engenharia
MPRINCE	Mestrado em Projeto Integrado na Construção de Edifícios
NBIMS	<i>National BIM Standard</i>
NBIMS-US <sup>TM</sup> V3	<i>National BIM Standard-United States® Version 3</i>
NDT	<i>National Digital Twin</i>
NDTP	<i>National Digital Twin Program</i>
oasisbr	Portal brasileiro de publicações
ORCD	<i>Open Researcher and Contributor ID</i>
PICO	<i>Population, Intervention, Comparison and Outcomes</i>
PME'S	Pequenas e Médias Empresas
PTBIM	Congresso de BIM na língua Portuguesa
PTNB	Plan Transition Numérique dans le Bâtiment
PTPC	Plataforma Tecnológica Portuguesa de Construção
RCAAP	Repositório Científico de Acesso Aberto de Portugal
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
SCTN	Sistema Científico e Tecnológico Nacional
SIGABIM	Solução Inovadora de Gestão da Construção Apoiada no Conceito Building Information Model
TecMinho	Associação Universidade-Empresa para o Desenvolvimento
UA	Univesidade de Aveiro
UA-MIE	Universidade de Aveiro - Mestrado Integrado em Engenharia Civil
UC	Unidade curricular

UC's	Unidades curriculares
ULisboa	Universidade de Lisboa
UMinho	Universidade do Minho
UM-MIE	Universidade do Minho - Mestrado Integrado em Engenharia Civil
UNL	Universidade Nova de Lisboa
UNL-ME	Universidade Nova de Lisboa - Mestrado em Engenharia Civil
XLSX	<i>Microsoft Excel Open XML Spreadsheet</i>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolução da forma de projetar, a partir da inserção de ferramentas TI na construção, uma perspetiva. Fonte: Venâncio (2015), adaptado pelo autor.....	8
Figura 2: Dimensões nD BIM. Fonte: (Padrões BIM – Estúdio CentreLine, n.d.).....	11
Figura 3: Níveis de Desenvolvimento (LOD). Fonte: Bedrick et al., (2021).....	13
Figura 4: O arquivo IFC inclui geometria e dados. Fonte: ( BuildingSMART Korea, n.d.) ...	14
Figura 5: Exemplos das possibilidades de intercâmbio de informações entre diferentes softwares BIM.Fonte: (Darós, 2019).....	16
Figura 6: Comparação entre a percentagem de utilização de BIM em 2013 e perspetiva para 2015 das empresas de construção inqueridas, que implementam BIM, por cada país. Adaptado de SmartMarket Report (2014) .....	18
Figura 7: Percentagem de Contratantes em cada Nível de engajamento BIM (por país). Adaptado de SmartMarket Report (2014).....	19
Figura 8: Linhas de código no Software RStudio. Fonte: Autor.....	31
Figura 9: Desenvolvimento da Amostra das bases de dados Scopus e Web of Science. Fonte: Autor.....	32
Figura 10: Determinação da Amostra Final Scopus e Web of Science. Fonte: Autor.....	33
Figura 11: Evolução temporal da produção bibliográfica da amostra Scopus e Web of Science. Fonte: Biblioshiny adaptado pelo Autor .....	34
Figura 12: Mapeamento das Instituições de ensino com maior número de publicações no Scopus e Web of Science. Fonte: Biblioshiny adaptado pelo Autor .....	35
Figura 13: Colaboração entre as instituições Nacionais no Scopus e Web of Science. Fonte: Biblioshiny .....	36
Figura 14: Mapa geográfico com destaque aos países que detêm parceria nas produções científicas elaboradas nos últimos anos. no Scopus e Web of Science. Fonte: Biblioshiny....	38
Figura 15: Esquema das interligações entre as Universidades Internacionais e Nacionais. no Scopus e Web of Science. Fonte: Fonte: Biblioshiny. ....	39
Figura 16: Níveis de produção bibliográfica por pesquisador da amostra Scopus e Web of Science. Fonte: Biblioshiny adaptado pelo Autor. ....	40
Figura 17: Principais parcerias estabelecidas entre os autore da amostra Scopus e Web of Science s. Fonte: Fonte: Biblioshiny.....	43
Figura 18: Palavras-chave mais utilizadas da amostra Scopus e Web of Science. Fonte: Biblioshiny adaptado pelo Autor.....	44

Figura 19: Nuvem de Palavras-chave escolhidas pelos autores (publicações no Scopus e Web of Science). Fonte: Biblioshiny.....	45
Figura 20: Mapa temático gerado a partir da amostra final do Scopus e Web of Science. Fonte: Fonte: Biblioshiny.....	46
Figura 21: Desenvolvimento da Amostra das bases de dados RCAAP. Fonte: Autor.....	48
Figura 22: Determinação da Amostra Final RCAAP. Fonte: Autor. ....	48
Figura 23: Evolução temporal do número de dissertações de mestrado anual(base de dados RCAAP). Fonte: Autor.....	49
Figura 24: Mapeamento das Instituições de ensino com maior número de dissertações de mestrado (base de dados RCAAP). Fonte: Autor. ....	50
Figura 25: Comparação do número de dissertações de mestrado produzidas entre as faculdades de arquitectura e engenharia civil (base de dados RCAAP). Fonte: Autor.....	51
Figura 26: Comparação número de dissertações de mestrado produzidos entre homens e mulheres (base de dados RCAAP). Fonte: Autor. ....	52
Figura 27: Número de orientações de mestrado por orientador (base de dados RCAAP) . Fonte: Autor.....	53
Figura 28: Número de dissertações de mestrado por coorientador (base de dados RCAAP). Fonte: Autor. ....	54
Figura 29: Nuvem de palavras-chave escolhidas pelos autores (base de dados RCAAP). Fonte: Biblioshiny. ....	55
Figura 30: Comparação do conhecimento do conceito BIM em cada grupo de respondentes. Fonte: Venâncio, (2015).....	59
Figura 31: Nível de maturidade da implementação da metodologia BIM. Fonte: Venâncio, (2015). ....	59
Figura 32: BIM nas instituições de ensino superior. Fonte: Venâncio (2015), adaptado pelo autor.....	60
Figura 33: Linha Cronológica de ações de estímulo ao ensino BIM. Fonte: Pepe, (2017) adaptado pelo autor. ....	66
Figura 34: Evolução temporal da produção bibliográfica em uma perspetiva geral. Fonte: Autor. ....	68
Figura 35: Comparação da produção científica anual de todos os tipos de documentos analisado. Fonte: Autor. ....	69

Figura 36: Comparação das Instituições de ensino com maior número de publicações considerando todas as bases de dados analisadas. Fonte: Autor. .... 71

Figura 37: Caracterização das UC's, um comparativo entre 2015 e 2021. Fonte: Autor. .... 79



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Universidades internacionais com produções científicas em parceria com universidades portuguesas. Fonte: Autor. ....	37
Tabela 2: Autores com o maior número de publicações da amostra Scopus e Web of Science. Fonte: Autor. ....	41
Tabela 3:Matriz de impacto no ensino do BIM ( Aguiar & Bastos, (2015) cita Williams and Lees,( 2009). Adaptado pelo autor. ....	57
Tabela 4: Comparativo da Produção bibliográfica em cada base de dado. Fonte: Autor. ....	67
Tabela 5: Identificação das UC's com abordagem BIM, ofertadas pela Universidade do Minho. Fonte: Autor. ....	73
Tabela 6: Tabela 5: Identificação das UC's com abordagem BIM, ofertadas pela Universidade do Lisboa. Fonte: Autor. ....	75
Tabela 7: Tabela 5: Identificação das UC's com abordagem BIM, ofertadas pela Universidade do Porto. Fonte: Autor.....	76
Tabela 8: Caracterização das unidades curriculares que abordam a temática BIM por instituição. Fonte: Autor.....	76

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Enquadramento e Motivação

Segundo Succar (2009), o *Building Information Modeling* (BIM) consiste num conjunto de políticas, processos e tecnologias, que concebem uma metodologia de trabalho capaz de gerir o modelo 3D e os dados do projeto, durante o ciclo de vida do edifício. Metodologia essa que permite dinamizar o processo construtivo e projetual, tornando-o mais eficiente, capaz de assegurar muitas vantagens, entre elas, a geração de uma única fonte de informação acerca do edifício (Howell e Batcheler, 2005), a qual pode facilitar a partilha de informação entre todos os intervenientes, garantindo também o controle global do modelo, assim como a otimização da gestão de manutenção e do processo de controle de ativos.

De acordo com o EUBIM Task Group (2016), a ampla implementação BIM promove melhorias de custo-benefício que podem permitir economias na ordem dos 15% a 25%, no mercado global de infraestruturas, até 2025. O potencial de otimização das atividades de construção, através do uso do BIM, também influencia na redução de impactos ambientais, como, por exemplo, a redução da produção da pegada de carbono (Campana & Pereira, 2021).

O BIM surge como uma solução de modernização e reestruturação da indústria que representa mudanças significativas aos métodos construtivos tradicionais, tornando sua implementação um desafio a nível global.

Em resposta a essa nova demanda da indústria AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção), em busca de seus benefícios e da adequação ao mercado competitivo em termos de custo, qualidade e política, vários países, como o Reino Unido, França, Brasil e outros, adotaram estratégias de mobilização para implementação BIM, criando planos de ação que estabelecem parâmetros de consolidação do uso do BIM, no setor, incluindo apoio à capacitação de profissionais, desenvolvimento de normativas e introdução do BIM na contratação pública.

O reconhecimento do BIM, enquanto um método estratégico de melhoria do setor da construção, mobilizou a criação de iniciativas de apoio coletivo para estabelecer normativas e diretrizes de ampliação à aceitação do *Building Information Modeling* a nível global, tal como a iniciativa europeia em criar o grupo de mobilização BIM europeu, o CEN/TC 442, e do EU BIM Task Group, co-financiado pela Comissão Europeia.

Os esforços para adoção do BIM resultaram na criação de uma série de normas ISO 19650, que tratam do gerenciamento de informações, usando modelagem de informações de construção, e

estabelecem padrões internacionais para o uso do BIM (ISO, 2018). Elaboradas pelo Comitê Técnico ISO / TC 59, em colaboração com o Comitê Técnico CEN / TC 442, estas ISO encontram-se em processo de adoção em vários países, incluindo Portugal, Brasil, Alemanha, França, Espanha, etc.

O EU BIM Task Group, grupo colaborativo apoiado pela Comissão Europeia, foi concebido para unir esforços nacionais de BIM, para tentar harmonizar uma abordagem estratégica comum, a nível europeu, buscando desenvolver um setor de construção digital de classe mundial. Entre suas contribuições mais significativas, encontra-se a elaboração do livro “*Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector*”, criado com o objetivo de servir como guia à introdução da metodologia BIM, pelo sector público europeu (EUBIM Task Group, 2016).

Face aos benefícios socioeconômicos e sustentáveis que o uso do BIM oferece ao setor da construção e ao ambiente construído, e às tendências de adequação do cenário internacional à consolidação BIM, o desenvolvimento deste trabalho foi motivado pela necessidade de entender a evolução da capacitação dos profissionais de arquitetura e engenharia, em resposta aos desafios que se colocam às novas exigências do mercado da construção, frente à implementação do BIM, a nível global. Pois a efetivação da implementação do BIM, em Portugal, ainda é uma realidade distante, na medida em que existem escassos investimentos financeiros, insuficiência de apoio governamental e uma cultura organizacional enraizada na tradicionalidade dos métodos construtivos e educacionais (Venâncio, 2015).

Segundo análise elaborada, em 2017, a caracterização da oferta formativa em relação ao grau de implementação BIM, no ensino superior nacional, encontrava-se numa fase bastante inicial, sendo apenas ensinadas as ferramentas, majoritariamente, para modelação 3D, ocupando um primeiro nível de conhecimento no seguimento da digitalização do setor e não abrangendo níveis mais avançados, necessários à obtenção de profissionais qualificados, para trabalhar de acordo com os moldes da metodologia *Building Information Modelling*. Porém, é expectável que essa conjuntura tenha tendência a melhorar, uma vez que o processo de transição para a inserção BIM na indústria, como identificou Pepe (2017), iniciou uma primeira etapa de implementação. Processo esse demonstrado através da iniciativa de algumas instituições de ensino, ao implementar nas estruturas curriculares dos cursos de arquitetura e engenharia, e, também, pela criação da Comissão Técnica de Normalização (CT197), que é responsável pela elaboração de uma normalização BIM portuguesa (Pepe, 2017). Uma vez que se passaram cinco

anos desta análise, é necessário entender qual o cenário atual da evolução da oferta curricular, em Portugal.

## 1.2 Objetivos e Metodologia da Investigação

Esta pesquisa parte do anseio em identificar, através da caracterização das produções científicas, as tendências de investigação do tema BIM, em Portugal. Tendo a seguinte pergunta norteadora: como se abrange a disseminação e apropriação do conceito BIM, em Portugal, no contexto da investigação BIM, frente à digitalização da indústria AEC?

O objetivo principal desta pesquisa é a sistematização da informação existente, relativamente à evolução da oferta curricular e, da caracterização da produção científica, com abordagem BIM – *Building Information Modeling*, na busca por compreender o nível de conhecimento e implementação do BIM, no âmbito da investigação do mesmo, em Portugal.

Após a apuração da caracterização da oferta curricular, em Portugal, como objetivo secundário visa-se, complementarmente, verificar o nível de preparação dos futuros profissionais de engenharia e arquitetura, frente aos novos paradigmas impostos pelo BIM, para atender às novas exigências do mercado, consoante a implementação do BIM, a nível global.

O método de pesquisa empregado neste estudo foi “Revisão Sistemática da Literatura” (RSL), em conjunto com uma análise bibliométrica, na qual, segundo Bellis (2009), aplicam-se métodos estatísticos e matemáticos, que nos permitem identificar e construir indicadores sobre a dinâmica e evolução da informação científica e tecnológica, de maneira que possibilitem identificar informações quantitativas, como medir os índices de produção, reconhecer as principais afiliações e os padrões de autorias e citações, dentro do tema versado.

## 1.3 Estrutura do documento

Este documento divide-se em 5 capítulos, os quais:

Capítulo 1 – “Introdução”: a presente secção contém o enquadramento e a motivação ao tema, os objetivos esperados para este trabalho, a metodologia empregada e a estrutura do documento.

Capítulo 2 – “Estado da Arte”: contém o embasamento teórico para a pesquisa e revisão de outros estudos acerca dos temas: RSL e BIM. Dentre os conceitos considerados importantes, destaca-se a definição da RSL e suas etapas de desenvolvimento. Para o enquadramento da temática BIM, apresenta-se: definição e evolução do conceito, dimensões BIM, níveis de desenvolvimento, interoperabilidade e outras abordagens BIM. Neste capítulo também se faz

necessário apresentar as estratégias políticas de implementação do BIM, a nível internacional e nacional, para entender seus efeitos enquanto consolidação da metodologia BIM.

Capítulo 3 – “Apresentação e Discussão da Abordagem”: contém o processo de recolha e tratamento de dados para as duas tendências de pesquisa, onde: a produção científica parte do desencadeamento do mapeamento sistemático da literatura, gerando amostras, para então proceder com o processo de análise e caracterização. Para a oferta curricula, a recolha e tratamento dos dados foi gerada a partir da pesquisa bibliográfica e análise dos planos curriculares.

Capítulo 4 – “Resultados e Discussão”: contém a caracterização da produção científica e da evolução da Oferta Curricular nas instituições de ensino, em Portugal, bem como a verificação e comparação dos resultados obtidos das amostras analisadas.

Capítulo 5 – “Considerações Finais”: contém a síntese dos resultados obtidos e os possíveis estudos futuros identificados, de acordo com as limitações e interesses da pesquisa.

## 2. ESTADO DA ARTE

### 2.1 Revisão Sistemática da Literatura (RSL)

#### 2.1.1 Conceito RSL

A revisão sistemática da literatura (RSL) é um método de pesquisa que decorre de um processo específico, onde o tratamento dos dados levantados, utilizados para a construção da revisão de uma determinada temática, deve apresentar critérios explícitos sobre como a revisão foi estabelecida. Assim, além de esclarecer qual procedimento foi empregado, a partir da atribuição de uma lógica de pesquisa documental, auxilia também na verificação de êxitos e falhas de determinado procedimento, possibilitando a reprodução da revisão por outros pesquisadores. A RSL é uma pesquisa científica que contém um nível de evidência muito elevado, pois dispõe de seus próprios objetivos, problema de pesquisa, metodologia, resultados e conclusões (Galvão & Ricarte, 2019).

Os autores explicam, que é concebível, por exemplo, fazer uma atualização a uma revisão sistemática que já exista, ao invés de construir uma revisão inteiramente nova. A condição de reprodutividade presente na RSL é possível em virtude da clareza sobre a informação existente em todo o processo de revisão. A apresentação dos dados consultados ocorrer de forma explícita e não tendenciosa, pois identifica as bases de dados bibliográfico pesquisadas, as estratégias de busca empregadas em cada base de dados, o processo de seleção e exportação dos artigos, os critérios de seleção e exclusão dos documentos e a descrição do processo de análise de cada documento.

As revisões sistemáticas diferem das revisões narrativas ou tradicionais. Essas, ao contrário da RSL, apresentam um baixo nível de evidência científica, devido a ausência de esclarecimento dos critérios abordados para a construção da revisão, dificultando a reprodução por outros pesquisadores.

#### 2.1.2 Etapas de Desenvolvimento de RSL

Segundo Galvão & Ricarte (2019), as etapas para o desenvolvimento de RSL seguem protocolos específicos que contribuem para a qualidade da revisão, a seguir serão apresentados algumas destas etapas:

1. Elaboração da pergunta de pesquisa a ser tratada na revisão:

Segundo os autores, o processo de revisão de literatura demanda a definição de uma questão de pesquisa analítica, que pode ser abordada a partir da estratégia de pesquisa PICO. O acrónimo PICO significa população (ou problema), intervenção, comparação e resultado (ou, *outcomes*, do inglês). Assim, para a designação da questão de uma RSL, deve-se contemplar a especificação da população, o tipo de intervenção a ser estudado, identificar se ocorrerá comparação entre intervenções e o desfecho a ser estudado.

## 2. Definição das bases de dados bibliográficos:

Nesta etapa é definida quais as bases de dados serão consideradas para a busca dos documentos bibliográficos, que deverão ser incluídos ou excluídos da revisão sistemática da literatura. A escolha das bases de dados deve ser considerada de acordo com a intenção de pesquisa do investigador, pois há muitas bases de dados disponíveis, que compreendem várias áreas de conhecimento.

## 3. Desenvolvimento de estratégias para busca avançada:

Para localizar a informação existente nas bases de dados, é determinante que seja elaborado uma estratégia de busca, que envolve uma série de processamentos e deliberações. Processos esses que direcionam o preenchimento dos variados campos de informações, existentes nas bases de dados, e que permitem restringir os resultados de busca.

De modo geral, as bases de dados possuem formulários de busca simples e avançadas, permitindo a busca de informação de maneira abrangente ou específica, como a busca por: título do documento; autor; assunto; tipo de documento (artigo, documentos de conferência, dissertações, etc); período de publicação; país de publicação; idioma, disponibilidade (acesso livre ou restrito), número de citações, entre outros.

Segundo os autores, para o preenchimento dos formulários de busca avançada, de forma que abranja o mapeamento de sinónimos e termos em inglês (visto que as bases de dados internacionais priorizam o inglês como idioma de busca), deve-se empregar terminologias tesouros e dicionários especializados.

Ainda, para a construção das estratégias de busca avançada, os autores, também indicam o uso dos operadores booleanos AND, AND NOT, e OR (“e”, “e não”, e “ou”, em português). Esses indicam, respectivamente, a intersecção, exclusão e união das palavras-chave de busca definidas para a pesquisa.

Essa etapa de desenvolvimento da RSL possui um grande impacto sobre os documentos que serão elencados nas bases de dados e resultarão na amostra inicial da análise. Portanto, as decisões tomadas na estratégia de busca, devem ser registradas de forma explícita no trabalho de pesquisa, pois, dessa maneira, a revisão da literatura é passível de ser reproduzível (Galvão & Ricarte, 2019).

#### 4. Seleção de artigos e sistematização da informação coletada

A amostra inicial dos documentos encontrados nas bases de dados passará por um processo de gestão de referências bibliográficas, no qual inclui a revisão da informação catalogada e eliminação de arquivos duplicados. O objetivo, dessa etapa de desenvolvimento, é fazer uma triagem dos documentos catalogados, de acordo com os critérios que foram estabelecidos no início da revisão, de maneira que haja uma seleção dos documentos e resulte em uma amostra final de pesquisa.

Segundo Galvão & Ricarte (2019), a seleção dos documentos catalogados, pode ser elaborada em diferentes fases. Pode-se considerar, em um primeiro momento, apenas a leitura dos títulos e palavras-chave dos documentos encontrados, em outro momento, pode-se incluir a leitura de resumos, depois, a seleção do documento, pode evoluir para uma análise crítica geral dos textos encontrados. Após a seleção da amostra final de pesquisa, deverá ser coletada informações comparáveis, como: metodologia empregada; data de realização; país de realização do estudo, entre outras informações, definidas como importantes para a RSL. Com a finalidade de realizar a análise e visualização dos dados, resultando na caracterização da informação coletada.

Assim como as demais etapas, a seleção de artigos e os critérios utilizados devem ser explicitados no trabalho de pesquisa, de forma a apresentar a evolução da amostra e o resultado final.

## 2.2 BIM – Modelagem de Informação da Construção

### 2.2.1 Conceito BIM

O acrônimo BIM foi descrito pela primeira vez, tal como conhecemos hoje, em 1992, no artigo da *Automation in Construction*, elaborado pelos professores G.A van Nederveen e F. Tolman. Porém, de acordo com Jerry Laiserin (2007), a introdução do conceito BIM vem sendo discutida desde 1975, quando o norte-americano C. Eastman publicou no jornal *American Institute of Architects* (AIA), na Universidade de Carnegie-Mellon, o protótipo de trabalho denominado



“*Building Description System*”, o qual incluía noções de concepção BIM que se assemelham às consolidadas nos dias de hoje, tal como: definição de elementos de forma interativa; análise quantitativa ligada à descrição do elemento; geração de estimativa de custos ou quantidades de material; fornecimento de um banco de dados único e integrado, possibilitando análises visuais e quantitativas, etc (Eastman et al., 2014).

Desde então, o conceito BIM vem evoluindo e sendo entendido como um novo paradigma do processo de conceber. Trata-se de um método baseado em modelos paramétricos, que visa à integração de todos os intervenientes, cujo sistema colaborativo é inevitável e essencial em todas as etapas do ciclo de vida do edifício. Substituindo o processo de concepção tradicional ideal em 2D pelo 3D, este último não sendo apenas uma representação gráfica e, sim, um conjunto de informações minuciosas de todos os elementos que o compõem, como, por exemplo: dimensões, acabamentos, fabricantes, custo, etc (Venâncio, 2015).

Essa evolução da forma de projetar se mostra eficiente na redução de erros e omissões, na fase de projeto, e no auxílio e coordenação dos trabalhos, na fase de construção, permitindo a boa gestão e manutenção das atividades de construção, durante todo o ciclo de vida da edificação. Com isso, entende-se que a implementação da metodologia BIM, incluindo o uso de ferramentas TI na construção, tem seu papel fundamental no estabelecimento do processo de digitalização da indústria AEC, conforme exemplificado na Figura 1.

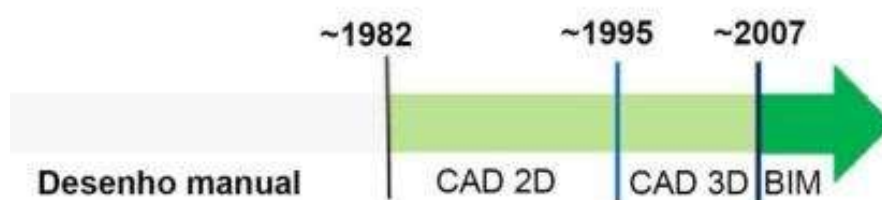


Figura 1: Evolução da forma de projetar, a partir da inserção de ferramentas TI na construção, uma perspetiva. Fonte: Venâncio (2015), adaptado pelo autor.

### 2.2.2 BIM e Modelagem Paramétrica

O uso de ferramentas BIM integra ao processo de concepção de desenhos uma dinamização da representação contida no projeto, como explica Chuck Eastman. Esse estímulo ocorre através da modelação paramétrica, o qual atua a partir da associação de objetos através de parâmetros e regras que determinam não só a geometria, como também propriedades e características não geométricas, facilitando assim a interpretação do elemento a ser concebido, que passa a englobar um conjunto de bases de informações ou de representação, como, por exemplo, o

conjunto de famílias de objetos, que podem ser modificados ou adicionados, de acordo com a necessidade do utilizador ou contexto de mudança. Isso possibilita uma personalização de suas características, permitindo, também, que os elementos sejam atualizados automaticamente e, assim, melhor se adaptem ao projeto.

O controle e variação dos parâmetros é viável a partir da definição de instâncias que criam um conjunto de relações e regras, através de uma família de modelos ou classe de elementos, que variam de acordo com o seu contexto e possibilitam uma personalização dos atributos dos objetos que vão de acordo com a necessidade do projetista, culminando na modelação de geometrias complexas. Dependendo do que for definido pela empresa ou utilizador, aos atributos dos objetos, esses podem contribuir com análises também complexas, como, por exemplo, análises quantitativas e estimativas de custos.

### 2.2.3 Dimensões nD BIM

As dimensões BIM definem o nível de informação contido no modelo, assim como o conjunto de “usos” específicos, funcionando como camadas de informações, podendo ir do 1D ao nD. Onde o 1D tende a refletir o processo inicial de implementação do BIM, em nível de planejamento organizacional e/ou governamental, através da elaboração de leis e contratos, para determinar o uso do BIM, em obras públicas, em busca de uma mudança de mentalidade da concepção e execução do mesmo, no contexto da indústria AEC. Já a dimensão 2D encaminha-se para desempenhar esses novos fluxos de trabalho colaborativo exigidos pela metodologia, como o uso de gestão integrada, usando formatos IFC e obtenção de dados para um modelo. Entretanto, as dimensões do BIM ainda não estão consolidadas, existem várias definições e interpretações diferentes na literatura. Neste trabalho, será retratada a definição das dimensões BIM, elaborada por Ignasi Pérez Arnal, com a teoria dos 10D's do BIM (Figura 2).

A teoria dos 10D's do BIM tem o intuito de alinhar todos os agentes que participam do ciclo de vida de um edifício ou de uma infraestrutura, para chegar ao estágio de construção industrializada. Para isso, o emprego de ferramentas/meios/propósitos ajudam a entender o processo de construção, como ferramentas digitais de modelagem tridimensional que, juntamente com um banco de dados, leva a uma nova maneira de trabalho denominada de processos colaborativos” (Arnal, 2018).

Desse modo, as dimensões são classificadas, segundo Ignasi Pérez Arnal (2018), em:

- 1D – trata da implantação de Protocolos BIM, em um país ou organização;

- 2D – estipula a introdução de *workflows* colaborativos e implica as novas formas de contratação e aposta em soluções de gestão integradas;
- 3D – Trata da concepção do modelo, a partir das dimensões tridimensionais, trazendo benefícios em termo de compatibilização de projetos e detecção de conflitos entre as especialidades, captura de realidades, etc;
- 4D – Permite o planeamento da obra a partir da inclusão no modelo da variável tempo;
- 5D – Os custos passam a ser integrados no modelo, permitindo a orçamentação do mesmo, tanto na fase de construção, quanto na fase de manutenção;
- 6D – Análises do modelo no âmbito dos aspectos sustentáveis passam a ser estudadas e simuladas, abrangendo a análise do consumo de energia, eficiência e melhores configurações para o desempenho ideal;
- 7D – Essa dimensão passa a tratar do modelo já construído, ou seja, da gestão da edificação em uso, buscando fazer a análise do ciclo de vida da edificação, incluindo a verificação constante de seus ativos, como verificação de garantia, manuais de manutenção e operação, etc.
- 8D – Discorre sobre o conceito de *Acidente Zero*, focando seus esforços na saúde e segurança do trabalho, na edificação, tanto na etapa da construção, quanto da manutenção;
- 9D – Inserção da filosofia *lean Construction* ao conceito BIM, como forma de avançar e identificar todos os problemas que encontraremos durante o projeto e as obras;
- 10D – Industrialização da construção, transformar o setor da construção em um setor mais produtivo, integrando as novas tecnologias através de sua digitalização.

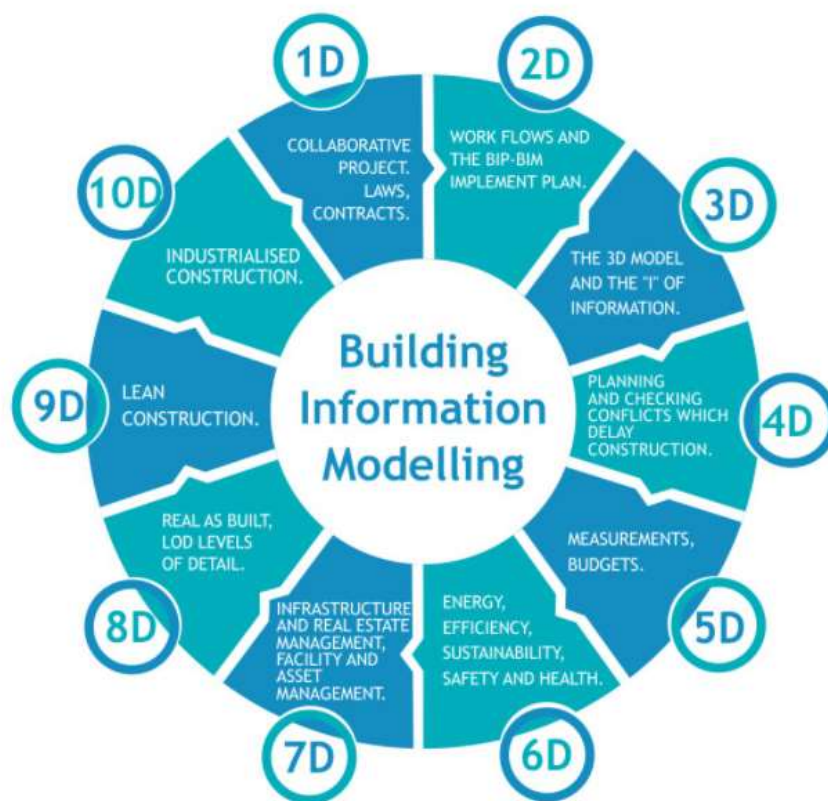


Figura 2: Dimensões nD BIM. Fonte: (Padrões BIM – Estúdio CentreLine, n.d.)

#### 2.2.4 Nível de Desenvolvimento

Nível de Desenvolvimento ou, em inglês, *Level of Development (LOD)* é uma estrutura de referência, no que diz respeito à modelação, criada pelo *American Institute of Architects (AIA)*, para a Exposição de Dados Digitais BIM E202-2009, tendo uma versão mais atualizada, publicada no Formulário de Protocolos BIM do Projeto G202-2013 do AIA, com objetivo de designar o conteúdo mínimo definido do modelo, de maneira a nortear, tanto o designer do modelo, quanto os participantes do projeto, até que ponto o modelo pode ser utilizado e se a informação contida no elemento do modelo é confiável. Essa interpretação dependerá da definição do LOD, em que o modelo será analisado. Pode, ainda, o modelo ter um nível de pormenor elevado e um nível de desenvolvimento extremamente baixo, essa diferenciação ocorre, por exemplo, quando o projetista insere um objeto com extensos detalhes no modelo, devido às possibilidades que tem de acesso a objetos disponíveis na biblioteca, podendo o mesmo não ter decidido completamente as informações desse objeto e, mesmo assim, inserindo essas informações no modelo, porém, apesar de representar o elemento com um nível de detalhe elevado, ao definir um LOD baixo, a interpretação das informações serão direcionadas de

acordo com os requisitos especificados e padronizados para cada LOD, autorizados pela G202-2013.

Na Figura 3 verifica-se o tipos de especificações LOD, que podem progredir entre o LOD 100 ao LOD 400, existindo ainda o LOD 500, o qual está relacionado com o *as built*, ou seja, caracteriza-se com uma verificação em campo e não se aplica a uma indicação de progressão da informação do modelo geométrico. As características de cada LOD, segundo o Formulário de Protocolos BIM, do Projeto G202-2013 (AIA, 2013), são:

LOD 100: Os elementos do modelo podem ser graficamente representados por símbolos ou outra representação genérica, que mostram a existência de um componente, mas não informações quanto à forma, tamanho ou localização precisa;

LOD 200: Informações não gráficas podem ser adicionadas nos componentes, que passam a ser representados, dentro do modelo, como um sistema, podendo apresentar tamanho, forma, localização e orientação, mesmo que de forma aproximada, pois diz aos utilizadores a jusante que o elemento pode sofrer alterações.

LOD 300: O desenho do elemento modelo é desenvolvido em termos de composição, tamanho, forma, localização e orientação, que passam a ser interpretados como conjuntos específicos, tais como tipos de parede específicos, membros estruturais, componentes do sistema, etc. Ainda, contém outras informações, tais como custo, características técnicas, especificações, garantia, podendo anexar ao elemento as instruções de operação e manutenção.

LOD 350: Este é sugerido como um LOD adicional que, de acordo com o BIMForum, pode ser utilizado para definir os elementos do modelo suficientemente desenvolvidos, para facilitar a coordenação entre disciplinas - por exemplo, a detecção/evasão de choques, layout, etc. Os requisitos para este nível são superiores aos de 300, mas não tão elevados como os de 400.

LOD 400: O elemento modelo qualifica-se como LOD 400 quando todas as informações necessárias para o fabrico e instalação tiverem sido resolvidas, incluindo o fornecimento de pormenores para além dos contidos no LOD 300, como por exemplo: ligações estruturais, embocaduras de laje, detalhes das paredes de cortina, e outros artigos que requerem fabrico especial, enquadram-se nesta categoria.

LOD 500: Não se trata mais de um elemento modelo com seleções opcionais e, sim, de um modelo, *as built*, com as escolhas finais instaladas e verificadas em campo, sendo a última fase de representação do modelo.

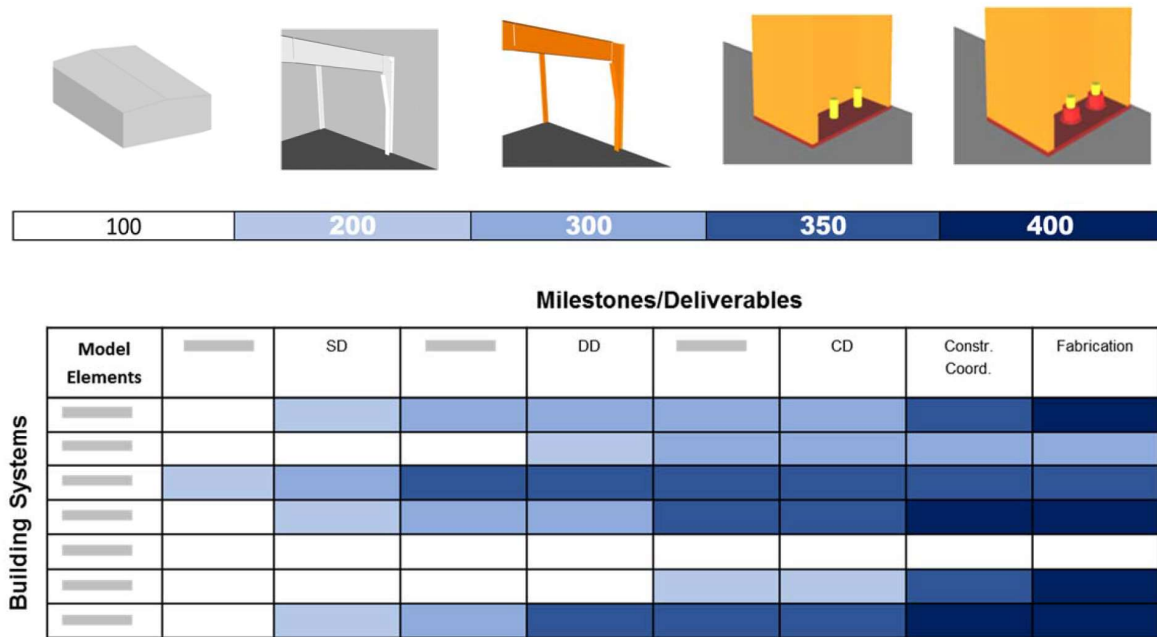


Figura 3: Níveis de Desenvolvimento (LOD). Fonte: Bedrick et al., (2021).

### 2.2.5 Classes de Fundamentos da Indústria

Em 1994, a Autodesk em conjunto com um consórcio industrial, denominado *Industry Alliance for Interoperability*, iniciou o projeto das Classes de Fundamentos da Indústria, conhecido por seu acrónimo IFC, o qual deriva da denominação em inglês “*Industry Foundation Classes*”. Em 1997, o consórcio passou a se chamar “*International Alliance for Interoperability*” e tornou-se uma organização sem fins lucrativos, com o objetivo de desenvolver e promover o IFC. Atualmente, desde 2015, passou a realizar suas atividades através da *BuildingSmart International*. Enquanto *BuildingSmart*, o uso da ferramenta IFC é o principal fomentador do objetivo de promoção do *openBIM*®.

O IFC é um formato de intercâmbio em nível público aberto, não-proprietário e um modelo de dados neutro, definido pela norma ISO 16739-1:2018, o qual abrange os dados necessários para o edifício, em todo o seu ciclo de vida e suas instalações. Como mencionado por Chuck Eastman, determinante enquanto modelo de dados de produto da construção, no âmbito do planeamento, projeto, construção e gerenciamento de edifícios, pois, através da linguagem de codificação lógica, chamada EXPRESS, permite a troca ou compartilhamento do produto, através da representação da geometria, das relações, dos processos e materiais, do desempenho, da fabricação e de outras propriedades, incluindo (*Home - BuildingSMART Technical*, n.d.):

- Identidade e semântica: nome, identificador exclusivo legível por máquina, tipo de objeto ou função;
- Características ou atributos: como material, cor e propriedades térmicas;
- Relacionamentos: incluindo locais, conexões e propriedade;
- Objetos: como colunas ou lajes;
- Conceitos abstratos: desempenho, custo;
- Processos: instalação, operações;
- Pessoas: proprietários, projetistas, empreiteiros, fornecedores, etc.

Esse compartilhamento de dados ocorre através da codificação em vários formatos, como XML, JSON e STEP e são transmitidos por serviços da Web, importados/exportados em arquivos ou gerenciados em bancos de dados vinculados ([technical.buildingsmart.org](http://technical.buildingsmart.org)), conforme ilustrado na Figura 4.

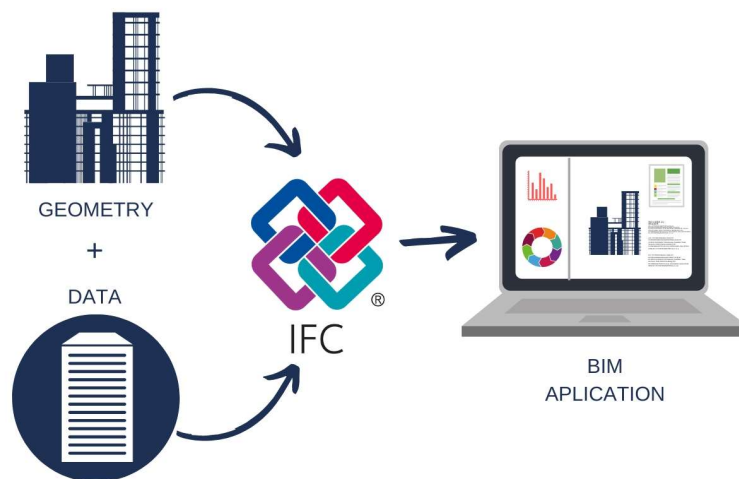


Figura 4: O arquivo IFC inclui geometria e dados. Fonte: ( BuildingSMART Korea, n.d.)

#### 2.2.6 Interoperabilidade

Segundo o dicionário Português, interoperabilidade é a capacidade que um sistema tem para interagir com outro, assim, quando se fala de interoperabilidade em BIM, Chuck Eastman explica que se trata de modelos de dados, criados com base em normas internacionais ISO-STEP, utilizando uma mesma linguagem de modelo de dados, chamada de EXPRESS, na qual

busca-se uma linguagem comum e aberta para auxiliar o intercâmbio de informações entre diferentes softwares BIM, permitindo múltiplas implementações (Figura 5), dentre elas, no enquadramento da construção, as principais são:

- *Industry Foundation Classes (IFC)*: empregada para o planejamento, projeto, construção e gerenciamento de edifícios;
- *CIMsteel Integration Standard Version 2, (CIS/2)* – aplicada para aços estruturais, engenharia e fabricação.

O objetivo da interoperabilidade, é compartilhar informação, para isso é necessário que o sistema suporte múltiplos tipos de atributos e geometria, para que o processo de importação e exportação dos dados não seja perdido ou danificado quando há transferência do modelo entre os diferentes intervenientes presentes em um processo, garantindo um gerenciamento de mudanças controlado, sem necessidade de reinserção de dados e facilidade de automação e interação. Assim, quando necessário, um projeto com grades equipas que trabalhem em diferentes aplicações e, conseqüentemente, diferentes formatos digitais consigam integrar os seus projetos a partir de um modelo de dados, evitando que todos tenham que usar uma única plataforma de desenvolvimento.

Característica essa fundamental no contexto da indústria AEC, pois o fluxo de trabalho, a complexidade e quantidade de especialidades envolvidas demanda uma troca e uso de informações cada vez mais eficiente, assim, quanto mais facilitado o processo colaborativo entre todos os componentes, mais minimiza-se a probabilidade de haver erros e omissões no processo, assegurando a manutenção de um modelo preciso e atualizado do projeto ao longo do seu ciclo de vida.



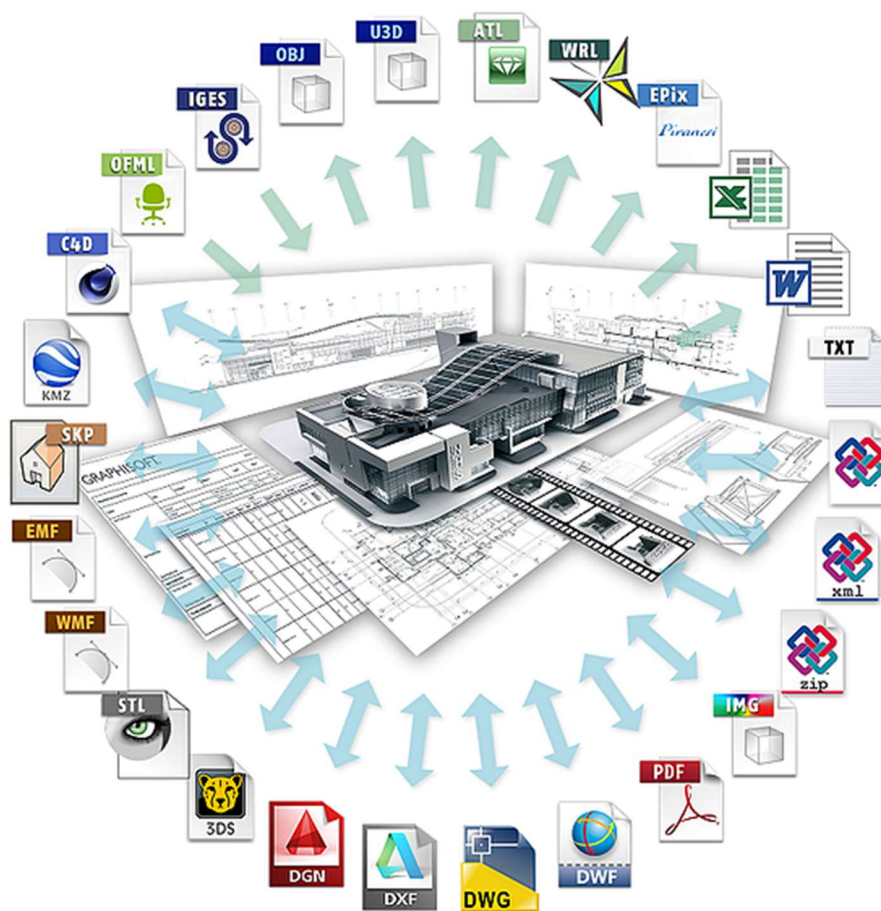


Figura 5: Exemplos das possibilidades de intercâmbio de informações entre diferentes softwares BIM. Fonte: (Darós, 2019)

### 2.2.7 BIM Internacional

O *Bulding information modeling*, enquanto metodologia, mostra-se como uma solução relevante à digitalização da indústria AEC, porém o processo de adoção e disseminação do BIM ainda é visto como um desafio e sua implementação vem sendo abordada de diferentes maneiras no contexto global, havendo países com nível de desenvolvimento BIM divergentes.

Em 2014, a empresa *McGraw Hill Construction* publicou um relatório denominado *SmartMarket Report: The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets: How Contractors Around the World Are Driving Innovation With Building Information Modeling* com objetivo de identificar a evolução do processo de adoção e disseminação do BIM, a partir da análise de 727 empresas de construção, que já utilizavam a metodologia BIM em 10 diferentes países. Os países incluídos na pesquisa e o número de empresas respondentes em cada país, são: Japão (30), Alemanha (32), França (31), Canadá (39), Brasil (40), Austrália

(83), Nova Zelândia (36), Estados Unidos da América (291) e Coreia do Sul (91). Foi feita uma comparação da realidade de cada país, com base em diferentes perspetivas da metodologia BIM, considerando: a utilização geral do BIM; o impacto na produtividade; os principais benefícios; o retorno econômico da implementação da metodologia, etc (SmartMarket Report, 2014).

A pesquisa permitiu apresentar um perfil de implementação BIM nas empresas de construção, no ano de 2013, para cada país analisado, assim como identificar as perspetivas que a indústria tinha para a implementação de BIM, dois anos mais tarde (em 2015), a partir da definição de dois níveis de implementação:

- Nível elevado: empresas de construção que utilizam BIM, entre 31% a 60% dos projetos em desenvolvimento;
- Nível muito elevado: empresas de construção que utilizam BIM, em mais de 60% dos projetos em desenvolvimento;

Na Figura 6, é possível observar o resultado obtido pela *SmartMarket Report*, no qual identificou que dentre os 10 países analisados, apesar de apenas 4 países deterem um nível de implementação elevado em suas empresas inqueridas, em 2013 (Estados Unidos da América (55%), Alemanha (37%), Austrália (33%) e França (39%), a expectativa para o nível de implementação, em 2015, era que, 6 dos 10 países inqueridos atingissem um nível de implementação muito elevado (Estados Unidos da América (79%), Alemanha (72%), Austrália (71%), França (71%), Brasil (73%) e Reino Unido (28%), ou seja 2 países (Brasil e Reino Unido) detinham uma expectativa de crescimento de 2013 para 2015 bastante elevada em comparação com os demais países. Em contrapartida, os Estados Unidos da América, mesmo expectando a maior percentagem (79%) de crescimento do nível de implementação BIM, para 2015, é o país que apresenta a menor expectativa de crescimento, pois em 2013 é o país com maior nível de implementação (55%).

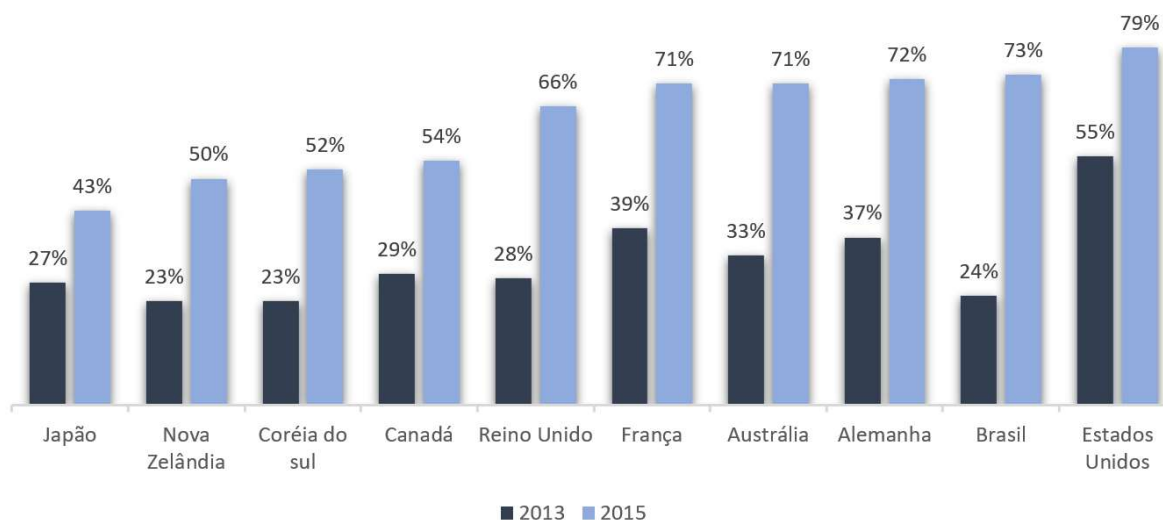


Figura 6: Comparação entre a porcentagem de utilização de BIM em 2013 e perspectiva para 2015 das empresas de construção inqueridas, que implementam BIM, por cada país. Adaptado de SmartMarket Report (2014)

Neste mesmo relatório, a empresa a *McGraw Hill Construction*, desenvolveu um índice de engajamento *BIM*, com objetivo de refletir um perfil de engajamento *BIM*, que varia entre baixo, médio, alto e muito alto. O nível de engajamento é obtido a partir de uma pontuação numérica, que é definida para cada empreiteiro participante do inquerito, baseado nas respostas obtidas, de acordo com três categorias:

- experiência: tempo que a empresa tem utilizado a metodologia *BIM*;
- Especialização: nível de habilidade *BIM* que cada empresa auto-declarou ter;
- Implementação: porcentagem de projetos atuais, elaborados pela empresa, que utilizam *BIM*.

A pontuação é ponderada em relação as três categorias, de acordo com as habilidades da empresa, sendo que a especialização detém o maior grau de importância para a pontuação, seguida pela experiência e pelo nível de implementação. Ou seja, as experiências, as habilidades e/ou a implementação *BIM* de acordo com cada resposta dos empreiteiros, refletem um crescente nível de engajamento *BIM*.

Na Figura 7 é possível observar os resultados obtidos para cada país inquerido onde, os vários níveis de engajamento *BIM* identificados, possibilitam uma comparação dos resultados

encontrados. O Estados Unidos apresenta os quatro níveis de engajamento, possuindo tanto o menor número de usuários com nível baixo (21%), como o maior número de usuários com alto (22%) e muito alto (22%) níveis de implementação, refletindo uma ampla implementação da metodologia BIM.

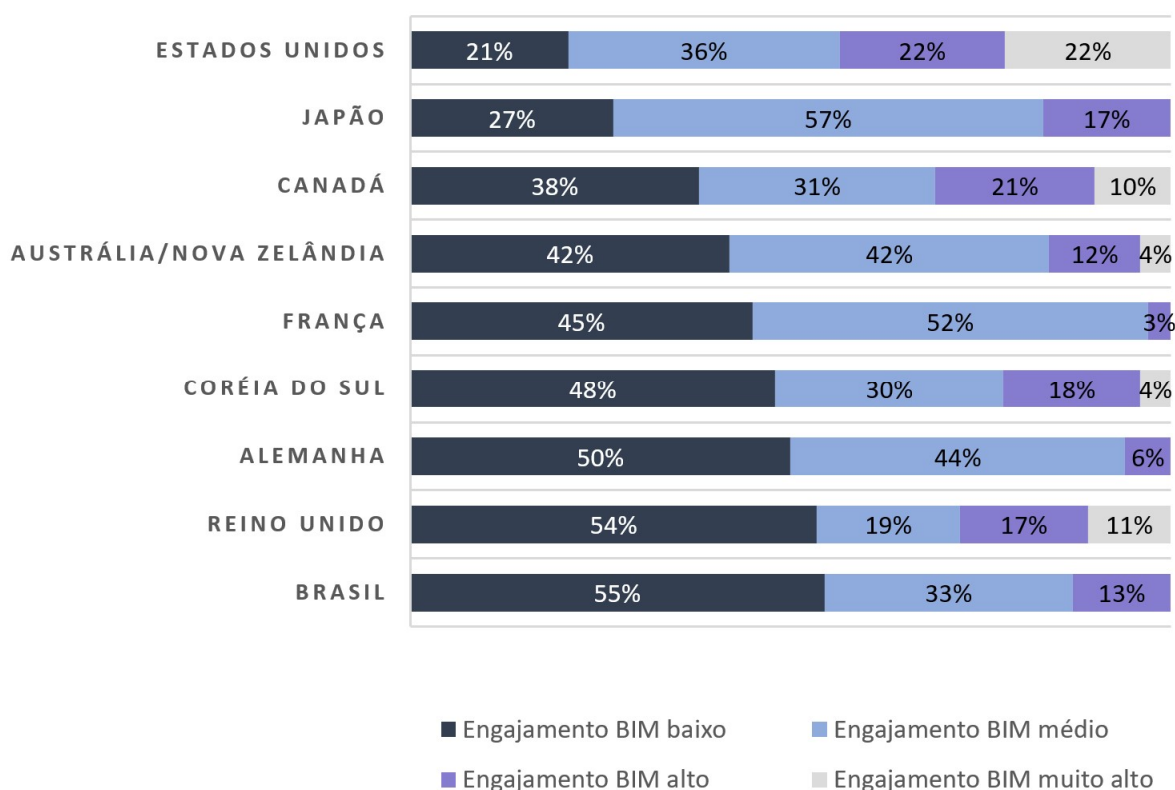


Figura 7: Porcentagem de Contratantes em cada Nível de engajamento BIM (por país). Adaptado de SmartMarket Report (2014).

Observa-se que muitos países, mesmo que se encontrem em diferentes estágios de desenvolvimento BIM - uns mais avançados que outros - buscam a consolidação dos seus efeitos, enquanto indústria 4.0, os quais são impulsionados através de estratégias políticas de implementação do BIM, que variam de acordo com cada país, como:

### 1. BIM nos Estados Unidos

Os Estados Unidos são conhecidos como os pioneiros na adoção do BIM, tendo o seu uso mais difundido por volta de 1997, com o advento dos softwares específicos ao uso BIM, incluindo a criação da primeira versão do formato IFC. Apesar da iniciativa de implementação do BIM, nos EUA, existir a mais tempo, a disseminação e implementação ocorre de forma dispersa,

caracterizando uma abordagem muito fragmentada, isso se deve à própria organização administrativa do setor público, distribuída em três níveis administrativos: governo central, estadual e local. Também não há conhecimento de nenhuma exigência legislativa norteadora a nível do governo central, com isso cada um desses níveis administrativos acaba tendo uma abordagem diferente ([cbim.mitma.es/bim-en-el-mundo](http://cbim.mitma.es/bim-en-el-mundo)).

Porém, existem muitas iniciativas independentes voltadas a facilitar e criar padrões de uso do BIM em projetos, gerando uma série de documentos guias, como: *National BIM Standard - Estados Unidos*®; BIMForum e *Computer Integrated Construction Research Group da Penn State*.

O *National BIM Standard - Estados Unidos*® (*NBIMS-US*™) é um comitê de projetos do Conselho de Gerenciamento de Informações de Construção (BIM). Originalmente credenciado em 2005, como *Facility Information Council (FIC)*, o Comitê NBIMS foi renomeado como um projeto da Aliança em 2008, para consolidar missões e agilizar serviços. Uma de suas últimas contribuições foi *NBIMS-US*™ V3, esta é a terceira versão de um projeto em andamento da *buildingSMART alliance*®, sendo um documento de consenso, o qual permite a reunião e debate de ideias, trazidas pelos diferentes intervenientes do setor AECO, durante o ciclo de vida de um projeto, gerando uma série de documentações desenvolvidas sobre procedimentos e padrões práticos do BIM, enquanto ferramenta que propicia aumento da produtividade, mitigação de riscos, aumento e recompensa e melhorar da sua implementação dentro da indústria. ([nationalbimstandard.org](http://nationalbimstandard.org))

O BIMForum é uma conferência nacional para profissionais de AECO, focada em aproveitar o BIM e outras tecnologias e processos inovadores para abordar problemas atuais e emergentes na indústria, oferecendo *networking*, aprendizado prático e oportunidades de envolvimento para ajudar a quebrar as barreiras tradicionais e inspirar a colaboração e melhorar o desempenho da indústria. Uma de suas principais colaborações foi a criação das prescrições de LOD ([bimforum.agc.org](http://bimforum.agc.org)).

A Universidade Estadual da Pensilvânia integra um grupo de pesquisa voltado ao desenvolvimento e disseminação de procedimentos estruturados, para planejar e implementar BIM em projetos e nas organizações, denominado *Computer Integrated Construction Research Group da Penn State*, formado em 1980, com estreita colaboração entre professores, alunos e a indústria. Dentre as colaborações, encontra-se o desenvolvimento de documentos norteadores, como: Guia de Planejamento de Execução de Projeto e Guia de Planejamento para proprietários

de instalações; Usando modelos na construção; Guia de planeamento; e os usos do BIM (<https://bim.psu.edu/>).

## 2. BIM na França

Em 2015, a França formalizou a criação do Plano governamental para a digitalização da indústria da construção, designado por *Plan Transition Numérique dans le Bâtiment (PTNB)*, o qual consiste em um conjunto de ações a curto, médio e longo prazo, com objetivo de fornecer apoio à transição digital do setor da construção, promover a qualificação de profissionais, melhorar a qualidade e reduzir custos em novas construções e reabilitações ([ecologie.gouv.fr](http://ecologie.gouv.fr)). Segundo o PTNB, a implementação da digitalização do setor da construção será em torno de três eixos principais:

- Convencer e inspirar todos os intervenientes das vantagens da digitalização da indústria da construção;
- Apoiar o desenvolvimento de competências dos profissionais e estimular o processo de adaptação do setor;
- Desenvolvimento de um ambiente digital confiável.

Em 2017, dando seguimento ao PTNB, o governo Francês instituiu o Plano BIM 2022, com o objetivo de generalizar o uso da tecnologia digital na construção até 2022. A partir da promoção da participação voluntária de todos os atores do setor da construção a favor da implementação BIM e da digitalização do setor ([ecologie.gouv.fr](http://ecologie.gouv.fr)).

Para o Plano BIM 2022, foram definidos dois eixos prioritários:

- Generalizar e estruturar a aplicação do BIM em todo o edifício, tornando as práticas mais confiáveis e protegendo todos os atores, graças a definições claras e equilibradas das expectativas e responsabilidades de cada um.
- Acompanhar todos os agentes envolvidos na aquisição das ferramentas de que necessitam para trabalhar em BIM, definindo as competências necessárias e apoiando o seu aumento de competência.

O Plano BIM 2022, também estabeleceu que, a partir de então, o BIM deveria ser aplicado em todos os projetos do setor público.

## 3. BIM no Reino Unido

No Reino Unido, a estratégia de implementação BIM para a conceção, construção e exploração de infraestruturas públicas, parte de uma iniciativa Pública Nacional iniciada em 2011, através da divulgação da Estratégia de Construção do Governo, a qual divulgou a intenção de que, em 2016, o BIM fosse exigido em todos os projetos públicos, com objetivo de atingir, na época denominado, o Nível 2 de implementação BIM. A partir de então o governo executou uma série de ações de modernização do setor, voltados à implementação de processos e ambientes colaborativos em tecnologia BIM, com o objetivo de reduzir em 20% os investimentos e o impacto na pegada de carbono do setor. O objetivo foi alcançado, e a implementação do Nível 2, no Reino Unido, foi estendida a todos os tipos de infraestruturas públicas. Posteriormente, em 2015, um novo objetivo foi proposto, este delineava que, até 2020 alcançar-se-ia o nível 3 do BIM. Porém, o Governo Britânico mudou sua estratégia e busca alcançar os níveis 3, 4 e 5, através do *National Digital Twin (NDT)*, lançado pelo *HM Treasury*, em julho de 2018 ([cbim.mitma.es/bim-en-el-mundo/reino-unido](http://cbim.mitma.es/bim-en-el-mundo/reino-unido)).

Surgiu assim um novo programa do governo do Reino Unido, o *National Digital Twin Program (NDTP)*, que busca oferecer uma economia digital inteligente para infraestrutura e construção e transformar a abordagem da indústria de construção do Reino Unido ([cddb.cam.ac.uk/](http://cddb.cam.ac.uk/)).

#### 4. BIM no Brasil

No Brasil, o governo federal lançou, por meio do Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018, a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM, denominada Estratégia BIM BR, com o intuito de promover um ambiente adequado ao investimento em BIM e sua difusão no país, o qual apresenta nove objetivos específicos (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), 2021):

- i. Difundir o BIM e seus benefícios;
- ii. Coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM;
- iii. Criar condições favoráveis para o investimento, público e privado, em BIM;
- iv. Estimular capacitação em BIM;
- v. Propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e contratações públicas com uso do BIM;
- vi. Desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para a adoção do BIM
- vii. Desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional BIM;

- viii. Estimular o desenvolvimento e a aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM;
- ix. Incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM.

No que tange à contratação de obras públicas, a Estratégia BIM BR propõe a implementação BIM de forma gradual, distribuída em três diferentes fases, para que a cada ano as empresas se adaptem às novas exigências. Sendo que, inicialmente, apenas participarão dessas fases o Ministério da Defesa, por meio do Exército Brasileiro e da Marinha do Brasil, e o Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil, por intermédio das atividades coordenadas e executadas pela Secretaria Nacional de Aviação Civil e pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (Programas Piloto), nesse sentido, para obras de construções novas, ampliações ou reabilitações a Estratégia BIM BR define as seguintes fases:

- Primeira fase - 2021: as empresas deverão incluir o BIM 3D no desenvolvimento de projetos de arquitetura e de engenharia, referentes às disciplinas de: estrutura, hidráulica, AVAC e elétrica. Também deverão considerar a detecção de interferências, visando à compatibilização de projetos, na extração de quantitativos e na geração de documentação gráfica;
- Segunda fase - 2024: as empresas deverão incluir a aplicação do BIM 4D e 5D na fase de projetos de arquitetura e engenharia e na gestão de obras. Essa fase abrangerá, além dos usos previstos na fase anterior, orçamentação e planejamento da execução de obras e a atualização do modelo e de suas informações como construído (*as built*).
- Terceira fase - 2028: deverá incluir a aplicação do BIM 6D e 7D a projetos de arquitetura e de engenharia. Essa fase abrangerá, além dos usos previstos nas fases anteriores, os serviços de gerenciamento e de manutenção do empreendimento, após sua construção, cujos projetos de arquitetura e engenharia e obras tenham sido realizados ou executados com aplicação do BIM.

#### 2.2.8 BIM em Portugal

Em Portugal, a criação da Comissão Técnica de Normalização BIM Nacional (CT 197 - BIM) em 2015, tendo em conta o desenvolvimento da normalização no âmbito dos sistemas de classificação, modelação da informação e processos, ao longo do ciclo de vida dos



empreendimentos de construção, mostra-se como uma iniciativa de impulsão à digitalização do setor AEC e da normalização BIM, a nível nacional.

Segundo a PTPC (2016), a CT 197 é coordenada pelo Organismo de Normalização Setorial do Instituto Superior Técnico (ONS/IST), constitui o ‘mirror committee’ do CEN/TC442 e da ISO/TC59, entidade delegada pelo Instituto Português da Qualidade (IPQ). A CT 197 se organiza a partir de um funcionamento dinâmico, distribuído em 4 Subcomissões de trabalho, com planos de ação próprios, são elas: a Subcomissão 1 - Plano de Ação e Maturidade; Subcomissão 2 - Trocas e Requisitos de Informação; Subcomissão 3 - Metodologias BIM e Subcomissão 4 - Bibliotecas e Objetos BIM.

Dentre os trabalhos desenvolvidos pela CT197, destacam-se:

- Guia de Contratação BIM: O guia de apoio à contratação de serviços na indústria da construção, utilizando a metodologia BIM, lançado em 2017, pela *Task Force* “Contratação BIM”, constituída com o apoio do Instituto Português da Qualidade (IPQ) e do Instituto dos Mercados Públicos, do Imobiliário e da Construção (IMPIC), com pretensão de ser um documento orientador, para abrir caminhos rumo à aplicação consistente e consciente do BIM, na contratação. (Costa et al., 2017)
- Plano de Execução BIM: Em fase de desenvolvimento, este projeto tem o objetivo de orientar os prestadores de serviço para melhor responderem aos requisitos de informação BIM da entidade contratante. O mesmo é frequentemente considerado como umas das mais importantes ferramentas a definir/despoletar a aplicação do BIM e, neste sentido, proporciona orientações e regras para a sua conceção (Pereira et al., 2018).
- Guia BIM nas Autarquias – “Guia Compreensivo para a Implementação do BIM”: concebido em 2020, em parceria com a Ordem dos Engenheiros região Sul. Tem como finalidade se tornar um documento base que define os conceitos fundamentais, para apoio a iniciativas de implementação BIM, numa Autarquia, a partir de uma análise rigorosa da estrutura da organização, dos seus recursos e competências, dos seus processos e métodos de trabalho, do seu enquadramento legal e da infraestrutura tecnológica, tendo como norte as melhores práticas internacionais (Costa et al., 2020).

Todas essas iniciativas compartilham de um mesmo objetivo: criar condições para uma implementação progressiva do BIM, na indústria nacional.

### 3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DA ABORDAGEM

#### 3.1 Recolha e tratamento dos dados da Produção Científica

##### 3.1.1 Projeto de Pesquisa

O desenvolvimento da recolha e tratamento dos dados da produção científica seguiu a execução dos cinco passos que, segundo Zupic & Cater (2015), propõem: projeto de pesquisa; compilação dos dados bibliométricos; análise dos dados, visualização dos dados e interpretação dos resultados. No que, ao analisar e estudar a produção científica e suas relações e interações, ao medir a produtividade científica, esse estudo buscou entender como se abrange a disseminação e apropriação do conceito BIM, em Portugal, no contexto da investigação BIM, frente à digitalização da indústria AEC?

##### 3.1.2 Compilação dos dados

Para a compilação dos dados, propõe-se o processo de desencadeamento do mapeamento sistemático da literatura, que vem a seguir.

###### 1. Palavras-Chave de busca

Para a apuração do termo de busca, orientação para a construção da pergunta de pesquisa e para a busca de respostas com evidências, utilizou-se a estratégia PICO (*Population, Intervention, Comparison and Outcomes*), a qual consiste em uma ferramenta criada para direcionar a pesquisa.

A sigla BIM, como representa o principal assunto de interesse deste estudo, foi definida como a população/problema. Já a palavra construção, junto com a sigla AEC, foi escolhida para representar a intervenção, que representa a situação de contorno. Visto que um dos objetivos deste trabalho é apresentar uma exposição extensa das produções acadêmicas publicadas, que discorrem sobre *Building Information Modeling* (BIM), no âmbito da indústria AEC, a comparação não se aplica, de forma que os resultados obtidos não foram restringidos. Assim sendo, as palavras-chave definidas foram: BIM e *building information modeling*; construção e AEC.

###### 2. Base de Dados

Para esta pesquisa, utilizaram-se três diferentes bases de dados bibliográficos, diferenciando os tipos de documentos pesquisados, no qual foram distribuídos em:

Artigos e textos científicos, a nível de publicação internacional, foram coletados do *Scopus* e *Web of Science*. O critério de escolha foi devido a ambas plataformas serem mais usuais, dentro do contexto da produção, na área de engenharia civil e arquitetura, e por serem conhecidas pela qualidade das publicações nelas presentes, que detêm revistas indexadas e se caracterizam como bases de dados confiáveis (enago.com.br).

Dissertações de mestrado e teses de doutoramento, a nível de publicações nacionais, foram coletadas do Repositório Científico de Acesso Aberto de Portugal - RCAAP, uma plataforma de pesquisa que dispõe de documentos de carácter científico e académico, em acesso livre existente nos repositórios institucionais das entidades portuguesas de ensino superior, que também detêm parceria com outras organizações de investigação públicas ou privadas, sem fins lucrativos, que se dedicam à investigação científica e desenvolvimento tecnológico. (rcaap.pt/about.jsp).

Devido à distinção entre as variáveis passíveis de serem extraídas das diferentes bases de dados, incluindo a ausência do recurso de exportação na base de dados RCAAP, optou-se por dividir a análise em dois grupos distintos, de acordo com a possibilidade de paridade das informações alcançadas, sendo estes: *Scopus + Web of Science* e RCAAP.

### 3. String de Busca

A formulação da pesquisa dentro das bases de dados é feita a partir da associação das palavras-chave escolhidas, que são configuradas através dos strings de busca, por meio dos operadores booleanos OR e AND. Assim sendo, os strings de busca utilizados nesta pesquisa, foram:

- *Scopus, Web of Science*: (“BIM” OR “*building information modeling*”) AND (“*construction\**” OR “AEC\*”).
- RCAAP: (BIM OR “*building information modeling*”) AND (“*construção\**”) e (BIM OR “*building information modeling*”) AND (“AEC”). O RCAAP se limita a uma quantidade de três campos de pesquisa avançada, pelo que se fez necessário dividir a pesquisa em duas etapas, repetindo o procedimento e palavras-chave, apenas substituindo a palavra de intervenção.

### 4. Critérios de Seleção dos Artigos e Exportação

Nesta etapa do trabalho, foram definidos critérios de inclusão e exclusão dos dados obtidos, a fim de estabelecer um direcionamento à pesquisa. Ambas plataformas de pesquisa utilizadas disponibilizam critérios de ferramentas de seleção, que permitem restringir os resultados de

forma diferente. Porém, os campos de pesquisa da RCAAP diferem-se do *Scopus* e *Web of Science*, por isso utilizaram-se diferentes formas de seleção de critérios entre as plataformas, onde:

a) Critérios aplicáveis às duas plataformas:

i. Intervalo de tempo

O primeiro critério de seleção escolhido para ambas plataformas foi a delimitação de um intervalo temporal de sete anos: entre 2015 a 2021. Esse intervalo de tempo foi considerado com o objetivo de complementar a informação existente sobre a produção científica, visto que existe uma pesquisa anterior sobre a análise da produção científica, em Portugal, que aborda o intervalo de 2005 a 2015, elaborada por Santos et al. (2017).

ii. Localização

O segundo critério estabelecido foi a limitação da pesquisa por país, sendo Portugal o foco de análise, visto que a pesquisa visa identificar o estado de implementação BIM, em Portugal.

b) Critérios aplicáveis a Scopus e Web of Science

i. Tipos de documentos consultados

Para *Scopus* e *Web of Science* foi definido a seleção de três tipos de documentos: artigos, documentos de conferências e *reviews*. Optou-se por não utilizar *books* e *book chapter*, visto que estes não são publicados com frequência e, conseqüentemente, não conseguem refletir o estado atual das pesquisas acadêmicas, no âmbito do BIM.

ii. Exportação

Obtém-se de método de exportação complexo, havendo opções de diferentes formatos e extensões de exportação, assim como seleções de informações mais abrangentes, como: informação de citação; informação bibliográfica; resumo e palavras-chave; detalhes de financiamento, entre outras. No caso desta pesquisa, optou-se pela exportação no formato reconhecido pelo *software R*: “Bibtex”, e a seleção de todas as informações disponíveis.

c) Critérios aplicáveis ao RCAAP

i. Tipos de documentos consultados

Os tipos de documentos escolhidos para o RCAAP foram as dissertações de mestrado e teses de doutoramento. Para apuração do RCAAP, foram excluídos os artigos, documentos de conferências e *reviews*, tendo em vista que esses documentos constituíram o critério de busca

do *Scopus* e *Web of Science*, os quais foram priorizados nestas plataformas, visto que têm maior visibilidade e credibilidade perante à comunidade científica (enago.com.br).

Apesar de ser uma plataforma nacional, foi necessário selecionar o critério “pesquisar apenas em recursos portugueses”, pois, também, existem fontes de informações do portal brasileiro de publicações oasisbr, uma vez que há uma parceria entre as plataformas.

#### ii. Exportação

Em virtude de não haver opção de exportação dos resultados de busca de forma estruturada, a escolha dos trabalhos e a seleção das informações, nesta plataforma, teve que ser feita de forma manual, para uma tabela no formato ".xlsx". Com isso, a etapa de pré-processamento do dado foi feita conjuntamente, sendo as principais informações coletadas: título, ano de publicação, autor, orientador e coorientador, curso, instituição, tipo de documento, gênero do autor e palavras-chave.

### 3.2 Recolha e tratamento dos dados da Oferta Curricular

#### 3.2.1 Projeto de Pesquisa

A recolha e tratamento de dados da oferta curricular foi elaborada com a intenção de identificar o processo de adoção da oferta formativa BIM, nas instituições de ensino portuguesas, nos últimos anos. De modo geral, o desenvolvimento do projeto de pesquisa distribuiu-se em duas diferentes etapas: pesquisa bibliográfica e análise dos planos curriculares. Os critérios utilizados para a recolha de dados de cada uma das etapas, encontram-se apresentados a seguir:

##### 1. Pesquisa Bibliográfica

O processo da recolha e tratamento dos dados relativo a caracterização da oferta curricular desdobra-se a partir da leitura de vários documentos bibliográficos, tais como: artigos e teses, na busca por identificar uma abordagem de pesquisa focada no Ensino BIM, que abrangesse a discussão da implementação BIM nas instituições de ensino portuguesas e, a conjuntura da inserção de unidades curriculares a temática BIM em diferentes cursos de engenharia civil e arquitetura.

##### 2. Análise dos Planos Curriculares

A análise dos planos curriculares foi direcionada às instituições de ensino que se destacaram enquanto maiores produtoras de documentos científicos, identificadas através da caracterização da produção científica, resultantes dessa pesquisa. Essa análise foi feita afim de constatar a

existência de novas unidades curriculares com abordagem na metodologia BIM, já que a pesquisa bibliográfica feita na etapa anterior, apresentou escassos documentos atuais, que incluíam a abordagem sobre a implementação BIM e identificação de unidades curriculares nas instituições, o qual limitou os resultados da pesquisa na etapa anterior.

O critério de busca utilizado, partiu da identificação da presença de unidades curriculares com abordagem BIM nos planos curriculares dos cursos de mestrado, mestrado integrado e licenciatura. Os cursos de doutoramento e pós-graduação não foram considerados nessa análise, visto que nos resultados da caracterização da produção científica tiveram resultados irrelevantes.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização da Produção Científica

Neste subcapítulo será elaborada a sistematização da informação existente, relativamente à evolução da produção científica do BIM, através dos dados obtidos nas etapas do processo bibliométrico e do desencadeamento da revisão sistemática da literatura.

#### 4.1.1 Análise de Dados

A análise de dados iniciou com a etapa do pré-processamento dos dados, como limpeza, eliminação de duplicidades e leitura do material extraído. Neste ponto, também se dividiu a análise em duas fases, visto que as exportações das produções aconteceram em processos distintos, dependendo das bases de dados dos quais foram extraídas, sendo:

- *Scopus e Web of Science*: utilizou-se o *software “R statistics”*, possibilitando à autora, através de um algoritmo, fazer uma parametrização dos dados disponíveis, nas diferentes bases de dados, bem como a eliminação das publicações duplicadas entre as bases, de forma a obter um único arquivo. O arquivo gerado foi exportado em formato excel, gerando assim a amostra para seguir com a análise dos dados.
- *RCAAP*: a amostra já havia sido elaborada na fase anterior, visto que o pré-processamento dos dados teve que ser elaborado de forma manual.

Consequentemente, obtiveram-se duas amostras para fazer as análises de dados, ambas em formato “.xlsx”. Optou-se por manter os dois arquivos separados, na medida em que existem diferenças nas quantidades de variáveis utilizadas nas bases de dados internacionais, em

comparação com a nacional, dificultando a compatibilização dos arquivos, nesta etapa da pesquisa.

Em seguida, em cada amostra realizou-se uma leitura analítica das fontes bibliográficas encontradas, buscou-se, através da leitura dos títulos e resumos de cada publicação e, eventualmente, o artigo completo, identificar documentos que não eram relevantes para a pesquisa. Também foi necessário realizar a padronização das informações que se encontravam descritas de forma distinta nas plataformas, como a representação de símbolos, acentuação e abreviações, uniformizando os seguintes parâmetros: nomes dos autores, nome de revistas e afiliações; assim como, a eliminação de inconsistências encontradas em função de erros ou falta de cadastro nas bases. Com as amostras formadas e padronizadas, tornou-se viável a análise bibliométrica, resultando na caracterização da produção científica, retratada a seguir:

- *Scopus e Web of Science*: (a) evolução temporal do número de dissertações de mestrado anual; (b) mapeamento das instituições de ensino com maior número de publicações; (c) colaboração entre as instituições nacionais; (d) mapa geográfico com destaque aos países que detêm parceria nas produções científicas elaboradas nos últimos anos; (e) níveis de produção bibliográfica por pesquisador da amostra; (f) principais parcerias estabelecidas entre os autores; (g) palavras-chave mais utilizadas; (h) nuvem de palavras-chave; (i) mapa temático.
- *RCAAP*: (a) evolução temporal do número de dissertações de mestrado anual; (b) mapeamento das instituições de ensino com maior número de dissertações de mestrado; (c) comparação do número de dissertações de mestrado produzidas entre as faculdades de arquitetura e engenharia civil; (d) comparação número de dissertações de mestrado produzidos entre homens e mulheres; (e) número de orientações de mestrado por orientador; (f) número de dissertações de mestrado por coorientador; (g) nuvem de palavras-chave escolhidas pelos autores.

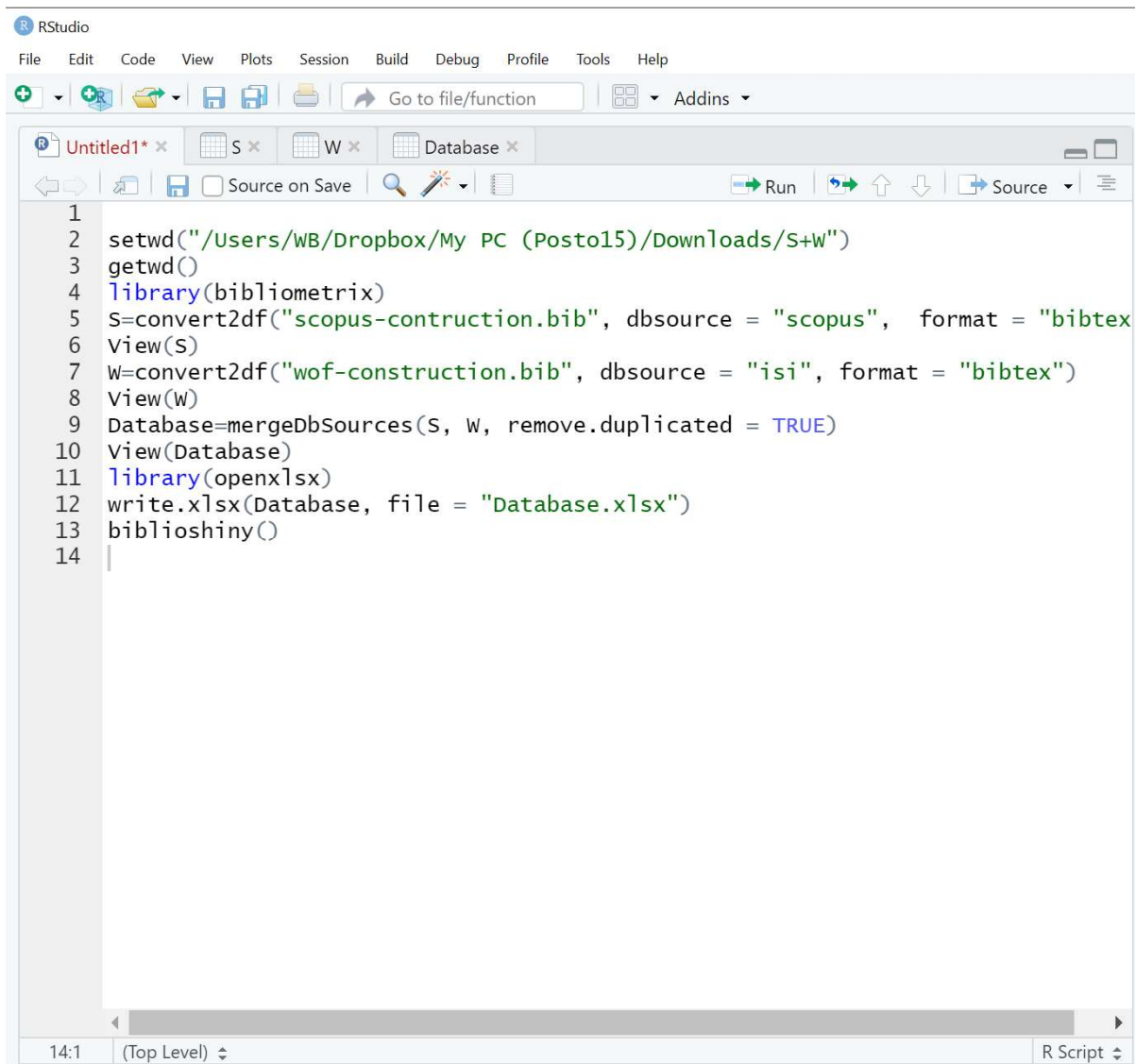
#### 4.1.2 Visualização dos dados

O processo metodológico acima descrito resultou em duas amostras finais, separadas conforme as bases de dados e critérios de filtragem, estabelecidos nesta pesquisa, nomeadamente:

##### 1. Scopus e Web of Science

A amostra final foi o resultado da parametrização das bases de dados Scopus e Web of Science, com foco nas publicações internacionais em formato de artigos, documentos de conferências e

revisões. Partiu-se de um montante de 192 publicações, distribuídas da seguinte forma: 90 documentos extraídos da *Web of Science* e 102 documentos da *Scopus* (ver Figura 9). Depois de passar por um processo de eliminação de duplicadas através de um algoritmo no software RStudio (Figura 8), passamos, então, a uma amostra parcial, com 144 publicações. O processo de desenvolvimento dessas bases de dados está representado na Figura 9.



```
1
2 setwd("/Users/WB/Dropbox/My PC (Posto15)/Downloads/S+W")
3 getwd()
4 library(bibliometrix)
5 S=convert2df("scopus-construction.bib", dbsource = "scopus", format = "bibtex")
6 View(S)
7 W=convert2df("wof-construction.bib", dbsource = "isi", format = "bibtex")
8 View(W)
9 Database=mergeDbSources(S, W, remove.duplicated = TRUE)
10 View(Database)
11 library(openxlsx)
12 write.xlsx(Database, file = "Database.xlsx")
13 biblioshiny()
14
```

Figura 8: Linhas de código no Software RStudio. Fonte: Autor.

Em seguida, esses 144 documentos passaram pela etapa de pré-processamento, o qual consistiu na leitura analítica dos títulos, resumos, conclusões e, quando necessário, a leitura completa do documento. Detetou-se, então, os documentos que não eram relevantes para a pesquisa, obtendo, assim, a amostra final, com 96 publicações, das quais, 41 são artigos, 44 são



documentos de conferências e 11 são revisões (Figura 9 e Figura 10). Todos os documentos identificados na amostra final das bases de dados *Scopus e web of Science* encontram-se no anexo 1.

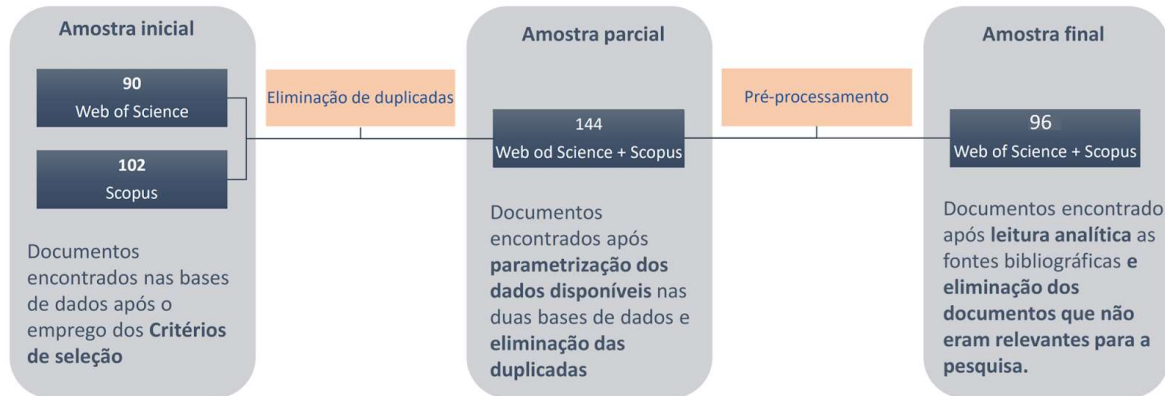


Figura 9: Desenvolvimento da Amostra das bases de dados Scopus e Web of Science. Fonte: Autor.

Na fase de pré-processamento (Figura 9), dentre as publicações desconsideradas para a análise, encontrou-se: fora do espaço temporal definido (14); outras áreas de conhecimento (6); outros tipos de documentos que não foram considerados à pesquisa (5), duplicatas (3). Também não foram selecionadas publicações que, apesar de abordarem o tema BIM, no corpo do texto, não apresentavam os termos de busca no título, resumo ou palavras-chave (13). Assim como rejeitaram-se algumas publicações que, apesar de obterem o termo de busca de acordo com os critérios estabelecidos, ao acionar o comando de atalho “CTRL+F”, para encontrar o termo de busca no texto inteiro, o mesmo aparecia menos de 3 vezes (2), ou seja, BIM não era o assunto norteador dos artigos em questão. Além disso, dentro do resultado obtido, 5 publicações não puderam ser analisadas de acordo com os critérios estabelecidos, visto que não se encontram disponibilizadas na íntegra, dificultando a interpretação dos critérios.

Após o pré-processamento dos dados, foi definida a amostra final, a qual passa a representar o panorama da produção científica, em Portugal. Nesse âmbito, a Figura 10 apresenta o quantitativo real da amostra coletada, para a pesquisa em questão.

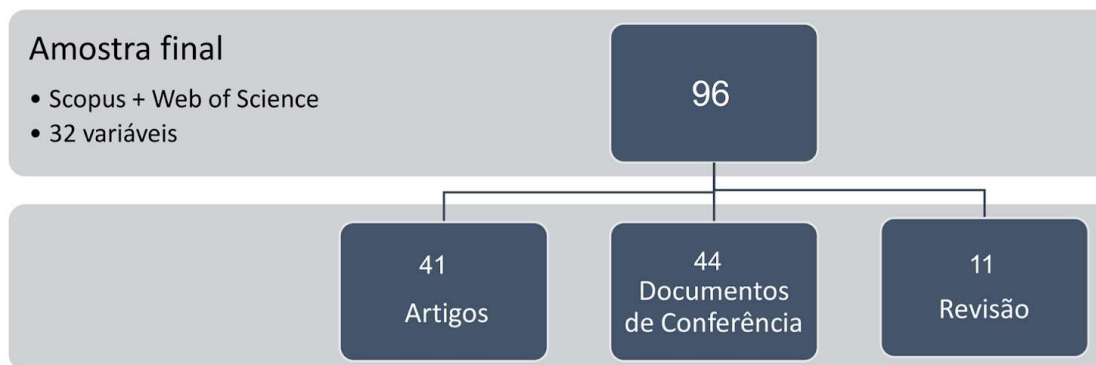


Figura 10: Determinação da Amostra Final Scopus e Web of Science. Fonte: Autor

Para a análise dos dados da amostra, utilizou-se a ferramenta bibliométrica denominada *Biblioshiny*, através do pacote *Bibliometrix* do *software R/RStudio*, o qual abrange uma gama de análises quantitativas.

A primeira análise feita está relacionada com a quantidade de publicações produzidas anualmente (Figura 11). Nota-se que houve um crescimento acentuado de publicações, no período de 2015 a 2019, tendo um pequeno decréscimo na produção científica, a partir de então, o que pode ser reflexo do impacto da pandemia do Coronavírus, iniciada no final de 2019 e que teve o seu pico em 2020.



Figura 11: Evolução temporal da produção bibliográfica da amostra Scopus e Web of Science. Fonte: Biblioshiny adaptado pelo Autor

Dentre as produções científicas analisadas, buscou-se identificar quais instituições de ensino tiveram o maior número de publicações. Através do gráfico da Figura 12, é possível verificar que quatro instituições se destacaram em relação às demais, sendo estas: Universidade de Lisboa (38), Universidade do Porto (20), Universidade do Minho (19) e Universidade de Aveiro (7). Observa-se, também, o interesse de empresas privadas (5) pelo tema abordado nesta pesquisa, tendo produções independentes ou através de parcerias com instituições universitárias. Assim como os institutos e laboratórios de pesquisa independentes: INESC, INESC-ID, INESC TEC, INESC COIMBRA, INEGI, Instituto de telecomunicações e LNEC, que juntos, totalizam 10 publicações.

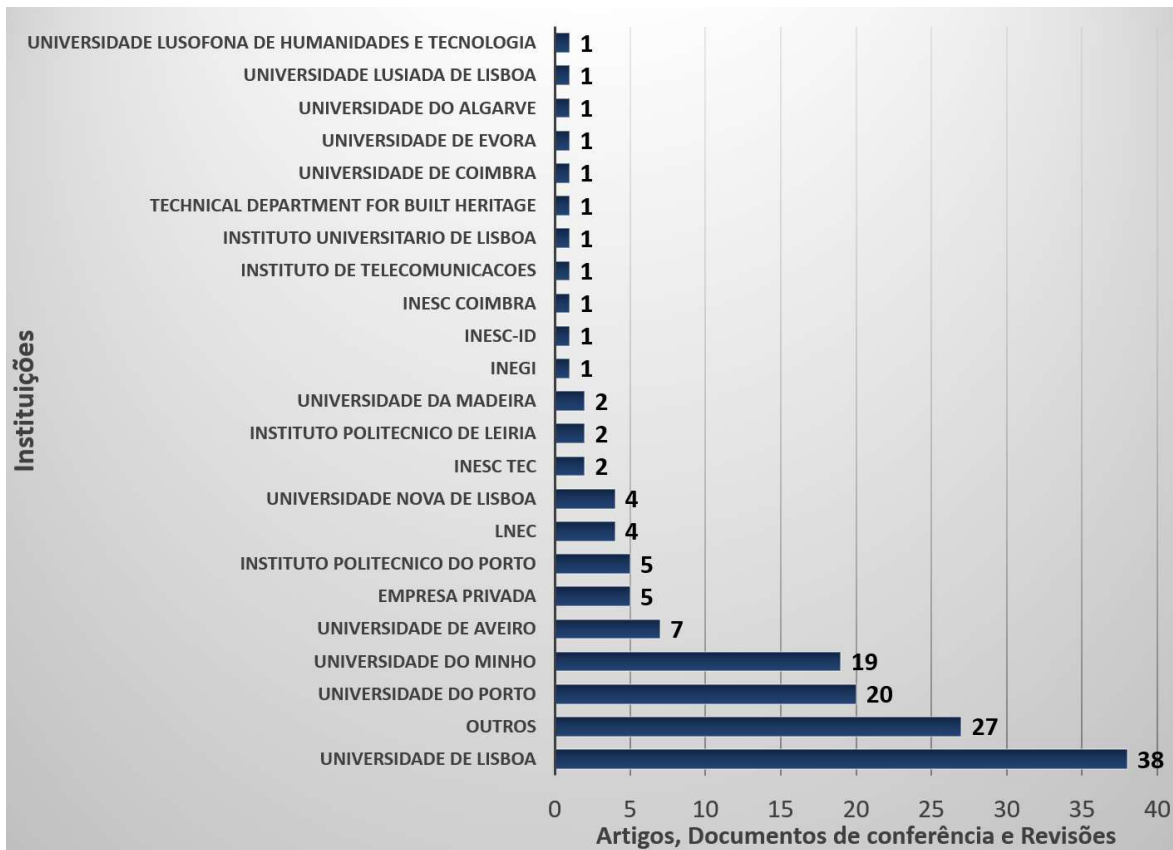


Figura 12: Mapeamento das Instituições de ensino com maior número de publicações no Scopus e Web of Science. Fonte: Biblioshiny adaptado pelo Autor

Chama-se a atenção para o resultado demonstrado em “outros”, com 27 publicações. “Outros” foi o termo definido para representar as instituições estrangeiras que fizeram parcerias com universidades portuguesas. Ou seja, algumas das publicações pesquisadas tiveram uma ou mais parcerias com universidades internacionais, portanto, a quantidade de publicações obtida implica em artigos repetidos, assim como ocorre com parcerias entre as universidades portuguesas. A Figura 13 exemplifica as principais correlações existentes entre as instituições.

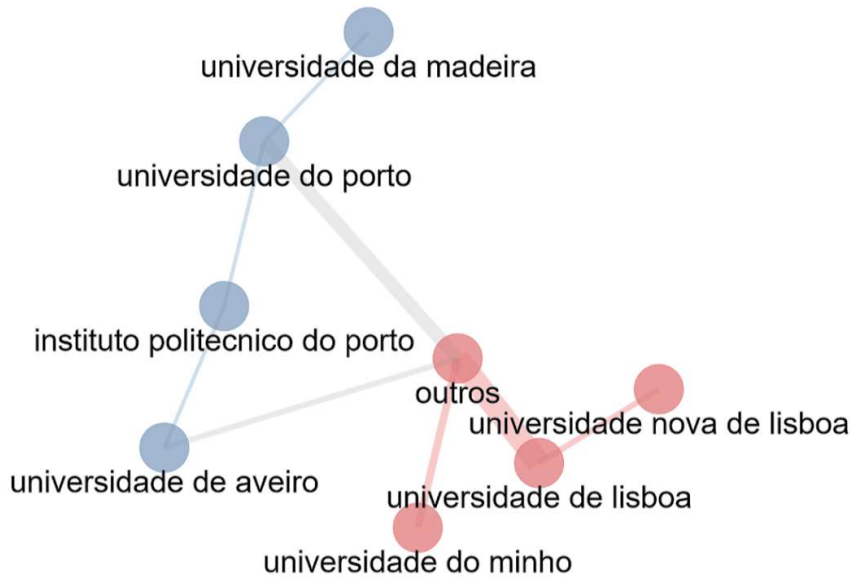


Figura 13: Colaboração entre as instituições Nacionais no Scopus e Web of Science. Fonte: Biblioshiny

Identificaram-se colaborações entre as universidades nacionais, havendo casos em que as parcerias são estabelecidas com mais de duas instituições envolvidas em um único projeto. Ainda se percebe que as cooperações entre as universidades da região do sul de Portugal (Universidade de Lisboa e Universidade Nova de Lisboa) detêm uma maior conexão entre elas, não estabelecendo conexões diretas com as demais regiões. Diferente disso, a universidade do centro (universidade de Aveiro), do norte do país (universidade do Porto e Instituto Politécnico do Porto) e das ilhas (universidade da Madeira) detêm produções em parceria que não se concentram apenas em suas regiões. Destaca-se que a Universidade do Minho possui mais parcerias com instituições internacionais do que com instituições nacionais.

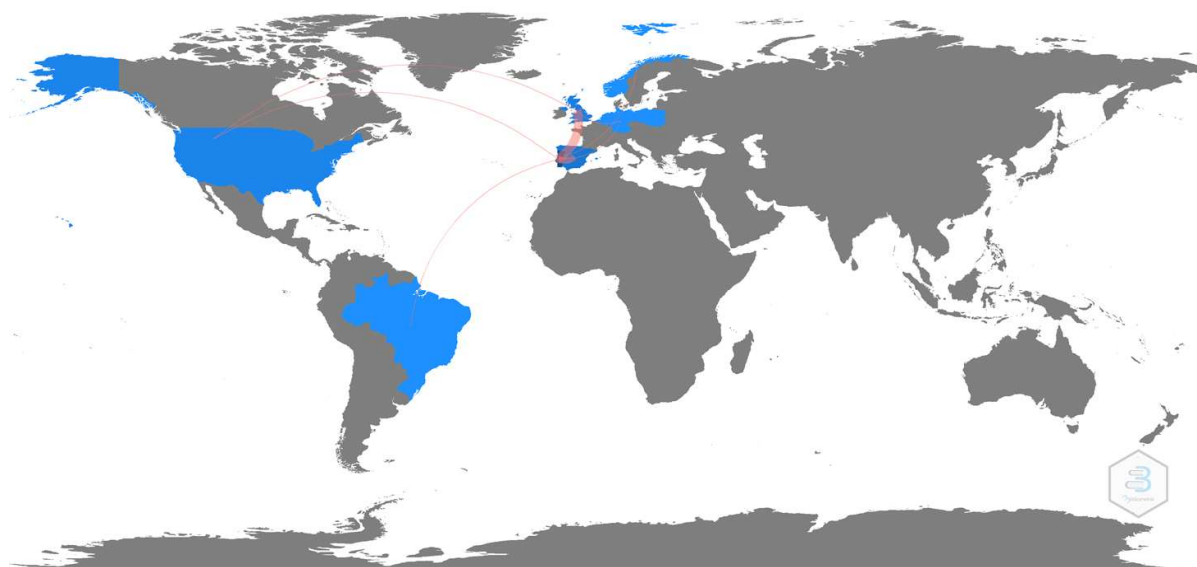
Na Tabela 1, identificou-se que a Universidade de Lisboa detém o maior número de parcerias internacionais (11), seguida pela Universidade do Porto (5) e Universidade do Minho (4).

Tabela 1: Universidades internacionais com produções científicas em parceria com universidades portuguesas. Fonte: Autor.

Universidades Internacionais	País	Produções científicas	Universidades Nacionais
<i>Universidad de Valladolid</i>	Espanha	2	Universidade de Lisboa
<i>Universidad Nacional de Educacin a Distancia (Uned)</i>	Espanha	1	
<i>Vrije Universiteit Brussel (Vub)</i>	Belgica	4	
<i>Universidad de Seville</i>	Espanha	1	Universidade do Algarve
		1	
		1	Universidade do Porto
		1	
<i>Universidad Carlos III De Madrid</i>	Espanha		
<i>Bahir dar University</i>	Etiópia	1	Universidade do Minho
<i>University of Nebraska-Lincoln</i>	Estados Unidos		
<i>Mississippi State University</i>	Estados Unidos		
<i>Delft University of Technology</i>	Países Baixos	1	Universidade de Aveiro
<i>University of Vigo</i>	Espanha	2	Universidade do Minho
		1	Universidade do Porto
		1	Instituto Politecnico de Leiria
			Instituto de Telecomunicacoes
			Universidade de Aveiro
<i>Eindhoven University of Technology</i>	Países Baixos	1	Universidade do Porto
			Universidade de Coimbra
<i>Universidade de Brasilia</i>	Brasil	1	Universidade do Minho
<i>Universidade Federal do Cariri</i>	Brasil	1	Universidade de Lisboa
<i>Oslo e Akershus University College</i>	Noruega	1	Universidade do Porto
<i>The University of Texas At Austin</i>	Estados Unidos	1	UNIVERSIDADE DA MADEIRA
			Universidade do Porto
<i>Ghent University</i>	Belgica	1	Universidade de Lisboa
<i>Western Kentucky University</i>	Estados Unidos	1	Universidade de Lisboa
<i>Salford University</i>	Reino Unido	1	Universidade Nova de Lisboa
<i>Loughborough University</i>	Reino Unido		
<i>The Pennsylvania State University</i>	Estados Unidos	1	Universidade de Lisboa
<i>The University Of Manchester</i>	Reino Unido		Instituto Politecnico do Porto
<i>Lublin University Of Technology</i>	Polonia	1	Universidade do Porto
<b>Total</b>		<b>27</b>	

Dentre as colaborações internacionais com instituições universitárias, encontradas nesta pesquisa, os países que se mostraram mais presentes, são: Espanha, com 5 instituições (Universidade de Valladolid, Universidade Nacional de Educação a Distância, Universidade de Seville e Universidade de Vigo); Estados Unidos, também com 5 instituições (Universidade de

Nebraska-Lincoln, Universidade do Estadual do Mississippi, Universidade do Texas em Austin, Universidade Oeste do Kentucky e Universidade Estadual da Pensilvânia); e Reino Unido, com 3 instituições (Universidade de Manchester, Universidade de Loughborough e Universidade de Salford). A Figura 14 ilustra as principais parcerias entre os países mencionados, através do mapa geográfico, mostrando que as colaborações se concentram, majoritariamente, no continente europeu e no continente americano.



*Figura 14: Mapa geográfico com destaque aos países que detêm parceria nas produções científicas elaboradas nos últimos anos, no Scopus e Web of Science. Fonte: Biblioshiny.*

As instituições universitárias internacionais com o maior número de colaborações com universidades portuguesas, identificadas nesta pesquisa e exemplificadas na Figura 15, são: Universidade Livre Brussels, que detém um total de 4 publicações, todas em parceria com a Universidade de Lisboa; em seguida, temos a Universidade de Seville, com 4 publicações, sendo 1 publicação com a Universidade de Lisboa, 1 publicação com a Universidade do Algarve e 2 publicações com a Universidade do Porto; e, por último, encontramos a Universidade de Vigo, que também detém um total de 4 publicações, dessas, 2 publicações são com a Universidade do Minho, 2 com a Universidade do Porto e 1 publicação é em colaboração com a Universidade de Aveiro, em conjunto com o Instituto Politécnico de Leiria e o Instituto de telecomunicações.

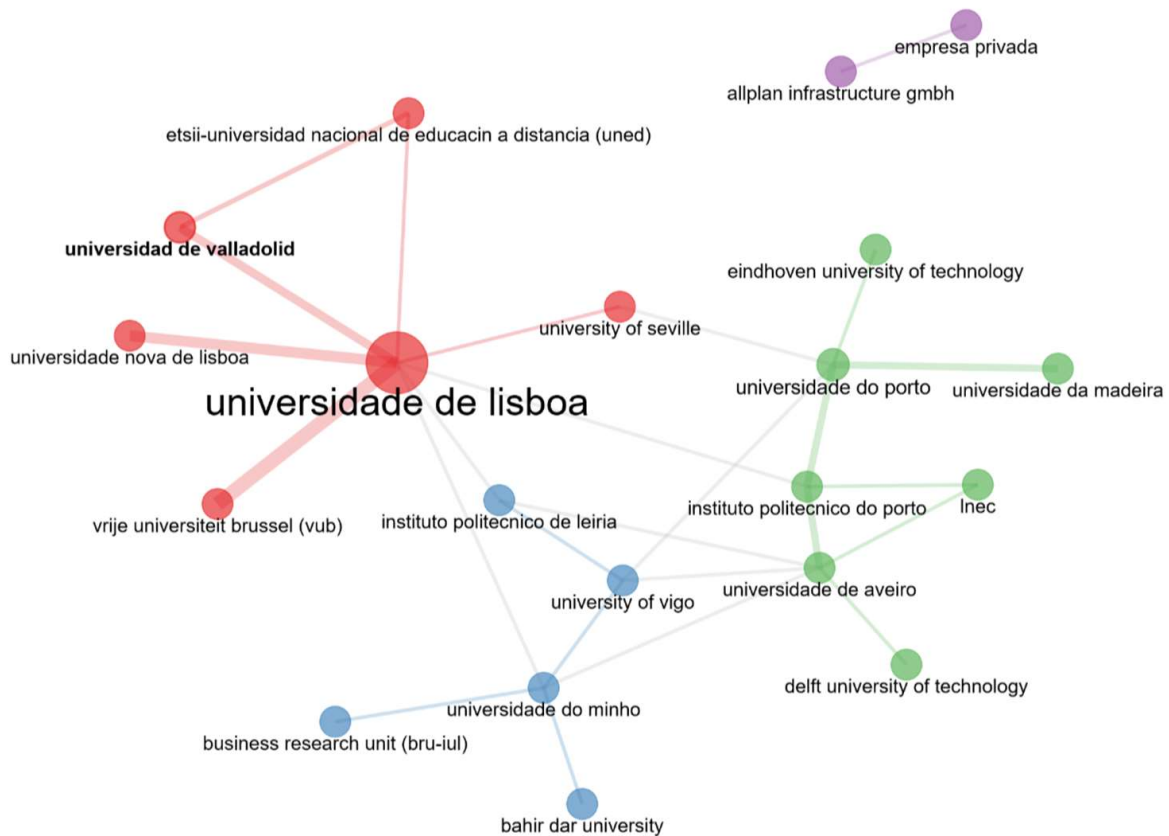


Figura 15: Esquema das interligações entre as Universidades Internacionais e Nacionais. no Scopus e Web of Science.  
 Fonte: Fonte: Biblioshiny.

Relativo ao nível de produção bibliográfica por pesquisador (ver Figura 16), verificou-se que Alcínia Zita Sampaio (SAMPAIO, A) da universidade de Lisboa, detêm o maior número de publicações (14), seguida por Luís Bragança (BRAGANÇA, L), José Pedro Carvalho (CARVALHO, J.) e Ricardo Mateus (MATEUS, R.), todos da Universidade do Minho, com o mesmo número de publicações (9), e António Aguiar Costa (COSTA, A.), professor da Universidade de Lisboa, também com 9 publicações.



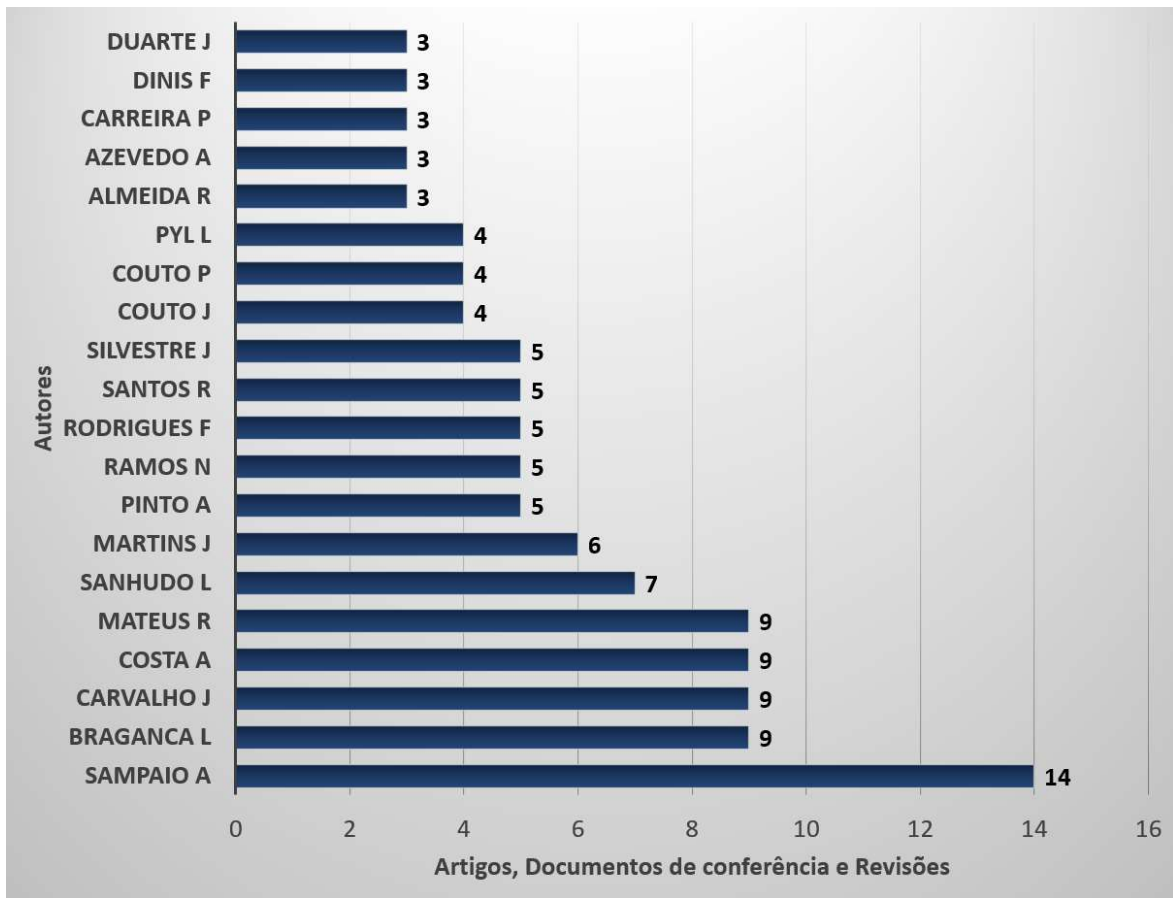


Figura 16: Níveis de produção bibliográfica por pesquisador da amostra Scopus e Web of Science. Fonte: Biblioshiny adaptado pelo Autor.

Todos os 7 pesquisadores que surgem nesta pesquisa com o maior número de publicações, possuem formação em engenharia civil, uma das principais áreas de interesse de atuação da metodologia BIM. Por outro lado, a arquitetura, outra área de interesse, aparece representada pelo Dr. António Aguiar Costa, o qual reúne formação de mestrado e doutoramento nas áreas de arquitetura e engenharia civil. Na Tabela 2, é possível verificar as informações sobre os autores obtidas através da análise curricular disponível no ORCID (*Open Research and Contributor ID*) qual consiste no identificador único e persistente gratuito para pesquisadores (orcid.org), com informações seguras sobre: titulação, instituição à qual estão vinculados e campos de pesquisa de interesse, etc.

Tabela 2: Autores com o maior número de publicações da amostra Scopus e Web of Science. Fonte: Autor.

Autor		Formação Acadêmica	Instituição Atuante	Campos de Pesquisa	h-index-Scopus	h-index-Web of Science	Nº de Documento (Amostra)
Alcínia Zita Sampaio	Sampaio, Alcínia Zita	Doutora em Engenharia Civil	Universidade de Lisboa	BIM e Realidade Virtual	9	6	14
	Sampaio, A Z						
	Sampaio, Zita						
	Bragança, L.						
Luís Bragança	Bragança, Luis	Doutor em Engenharia Civil	Universidade do Minho	Desenvolvimento Sustentável, Física da Construção, Acústica da Construção e Uso Racional da Energia em Edifícios.	19	18	9
	Bragança, Luís						
	Bragança, Luís M.						
	Costa, A. A.						
Antonio Aguiar Costa	Aguiar Costa, António	Doutor em Engenharia Civil e Arquitetura	Universidade de Lisboa	Gerenciamento e integração de informações em construção, interoperabilidade, implementação e padronização de BIM, e-procurement baseado em BIM e inteligência predial	12	12	9
	Costa, Antonio Aguiar						
	Carvalho, Jose Pedro						
José Pedro Carvalho	Carvalho, Jose P. S.	Mestre em Engenharia Civil	Universidade do Minho		5	5	9
	Carvalho, Jose P.						
	R Mateus						
Ricardo Mateus	Mateus, R.	Doutor em Engenharia Civil	Universidade do Minho	Avaliação do ciclo de vida (LCA) de materiais de construção, produtos e elementos e avaliação e avaliação da sustentabilidade da construção (BSA)	19	17	9
	Sanhudo, Luís						
Luís Sanhudo	Sanhudo, L.	Mestre em Engenharia Civil	Universidade do Porto	<i>Building Information Modelling; Machine Learning; Technology in Construction</i>	8	7	7
	Martins, J. P.						
João Poças Martins	Poças Martins, J.	Doutor em Engenharia Civil	Universidade do Porto	<i>BIM Engineering Construction</i>	11	10	6
	Poças Martins, J.						

Muitas das produções científicas são elaboradas em parceria entre dois ou mais autores, e, geralmente, os vínculos são feitos pelo interesse comum dos autores pelo mesmo campo de pesquisa ou pela complementaridade entre diferentes áreas de conhecimento, visto que uma das abordagens de que o tema BIM trata é a compatibilidade e interdependência de informações entre as diferentes especialidades. Na Figura 17, evidenciam-se as principais redes de colaborações estabelecidas entre os autores nas publicações catalogadas nesta pesquisa. As colaborações interferem nos resultados dos números de publicações anuais, pois, conseqüentemente, quanto mais colaborações os pesquisadores estabelecerem, maior o número de publicações aos quais estes estarão envolvidos, sendo uma vantagem em comparação com pesquisadores que usualmente produzem individualmente.

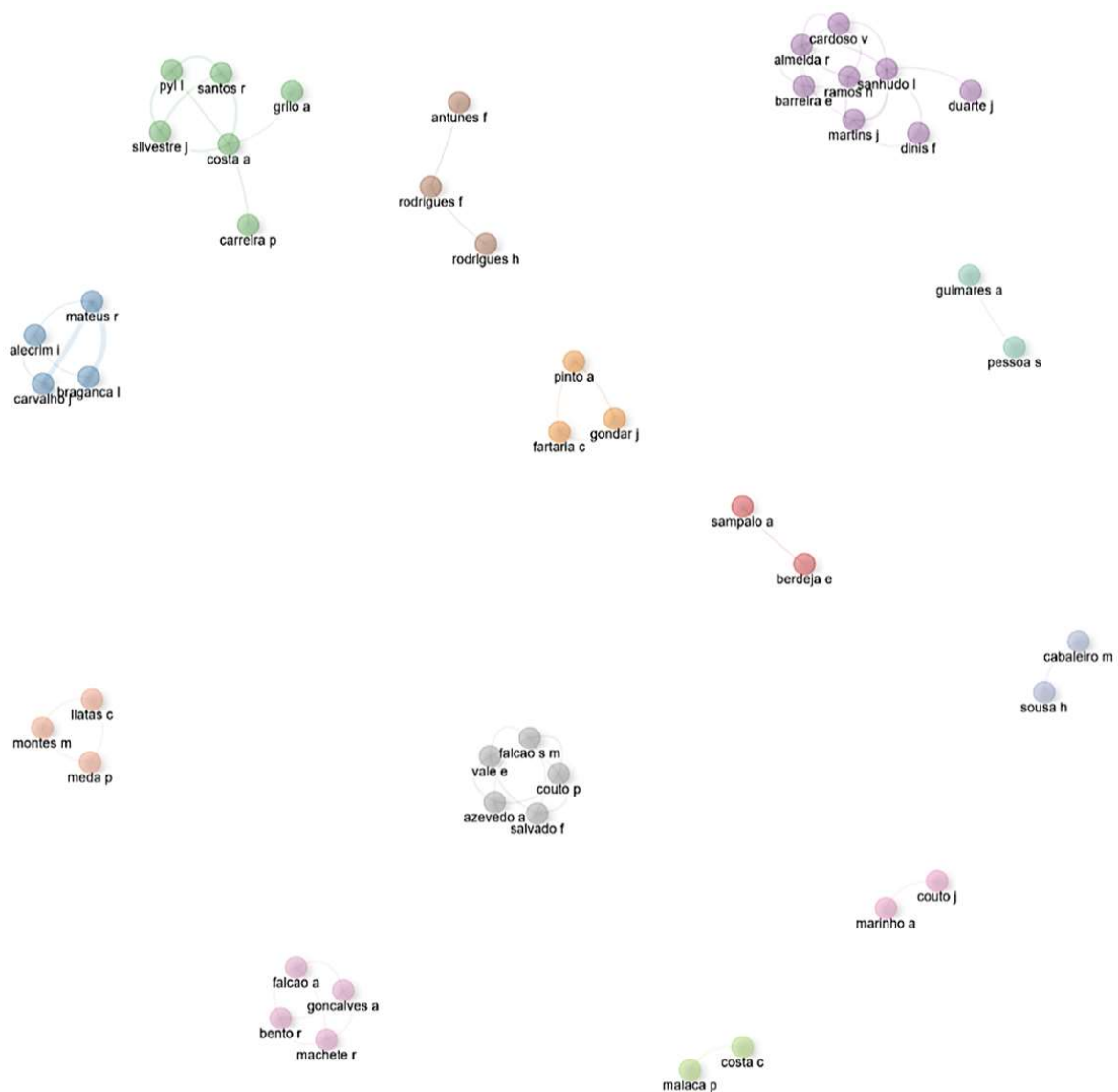


Figura 17: Principais parcerias estabelecidas entre os autores da amostra Scopus e Web of Science s. Fonte: Fonte: Biblioshiny.

Através das palavras-chave indexadas pelos autores das publicações presentes na amostra, é possível identificar os tópicos abordados mais relevantes (Figura 18). Dos 96 documentos científicos analisados, encontrou-se a predominância do acrônimo BIM (39 menções), em seguida, a palavra Sustentabilidade (10); as definições *Building Information Modelling* BIM (8) e *Building Information Modelling* (7), e IFC (7). Observa-se que as variações terminológicas do termo BIM aparecem de três formas distintas: *Building Information Modelling* BIM, acompanhado de seu acrônimo, podendo ser uma tendência dos autores na escolha da palavra-chave; *Building Information Modelling* e *Building Information Modeling*. Esse resultado era o

esperado, visto que, na etapa de definição do *String* de busca, as diferentes variações foram inseridas como de interesse, caracterizando, assim, o resultado da pesquisa de forma satisfatória.

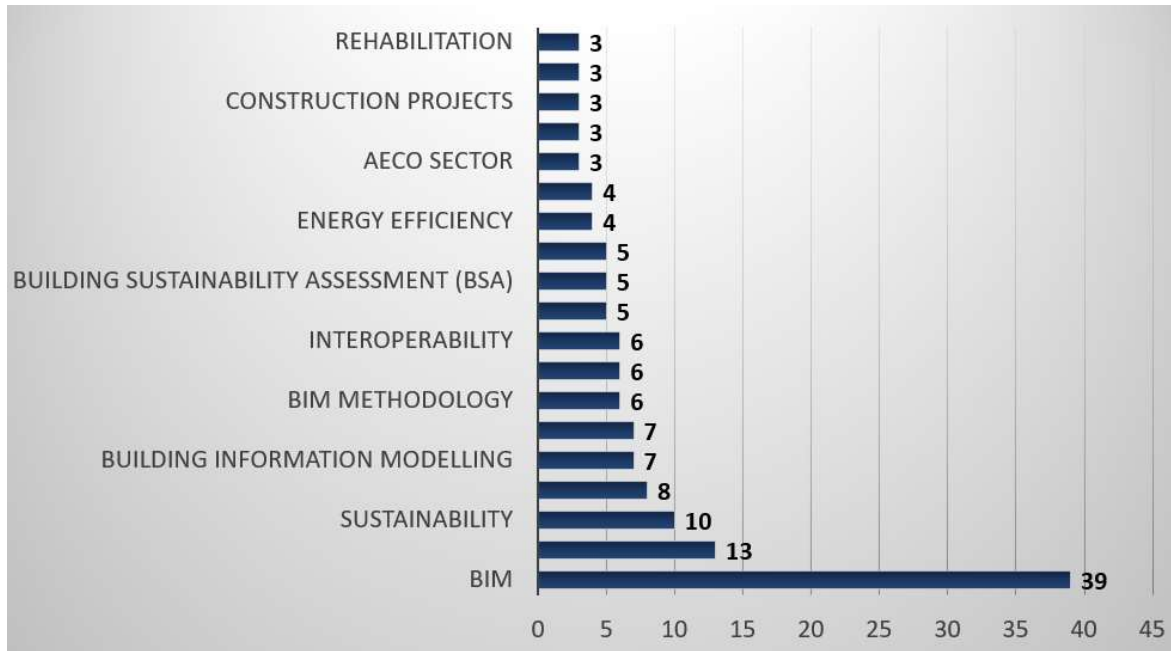


Figura 18: Palavras-chave mais utilizadas da amostra Scopus e Web of Science. Fonte: Biblioshiny adaptado pelo Autor.

Também é possível notar a recorrência da palavra “NA” (13) em segundo lugar entre as palavras mais frequentes. Isso ocorre devido a não definição das palavras-chave por alguns autores, em suas publicações. Essa ausência de designação foi suprida de forma automática, pelo software de análise de dados, por “NA”. Para que não ocorresse erro no resultado final da análise. Desse modo, o resultado obtido através das palavras-chave elencadas pode ser avaliado através da nuvem de palavras, na Figura 19.

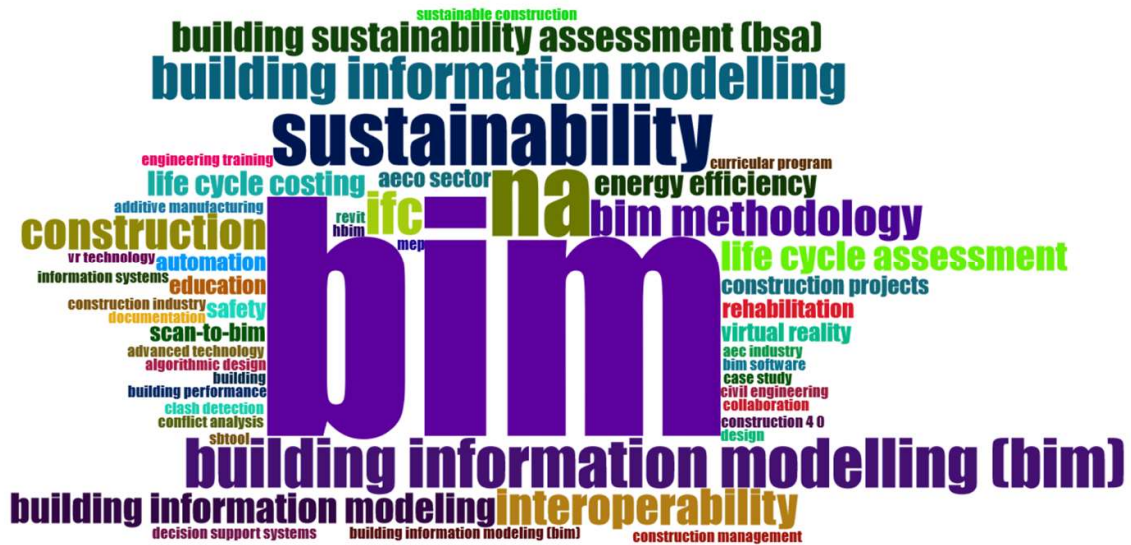


Figura 19: Nuvem de Palavras-chave escolhidas pelos autores (publicações no Scopus e Web of Science). Fonte: Biblioshiny.

Ainda, no que toca à frequência das palavras abordadas na amostra obtida nesta pesquisa, é possível, através dos agrupamentos formados pelas palavras-chave e suas interconexões, obter um mapa temático. Na Figura 20, é possível observar o diagrama estratégico, o qual possibilita a análise do mapa temático gerado pela interface *Biblioshiny*, através do pacote *Bibliometrix* do *software R*, onde foram configurados os seguintes critérios: 250 palavras-chave dos autores que tenham, no mínimo, três repetições no corpus. Para analisar o mapa temático, é necessário compreender como o mesmo se configura. Cobo et al., (2011) explica que cada agrupamento de palavras é caracterizado por dois parâmetros ("densidade" e "centralidade"), representados no diagrama estratégico por dois eixos: vertical e horizontal, consecutivamente, criando assim quatro grupos em um espaço bidimensional onde, através da mediana e das métricas de densidade e centralidade, podem ser utilizados para a classificação dos temas, podendo ser encontrados quatro tipos de temas, de acordo com o quadrante em que estão posicionados. Carvalho & Brasil Jr., (2020) esclarecem as relações métricas presentes no mapa temáticos, onde:

A métrica de densidade mede a força dos laços internos entre todas as palavras-chave que descrevem determinado tema. Por sua vez, a métrica de centralidade fornece medidas de como a comunidade se posiciona em relação às demais – trata-se de um tema mais central, que se liga a outros temas, ou mais periféricos. O mapa temático é uma forma de visualização que une frequência – o tamanho dos círculos

revela a quantidade de termos associado a cada comunidade de palavras-chave – e posição relacional em um campo semântico – a localização de acordo com os eixos densidade e centralidade (Carvalho & Brasil Jr., 2020).

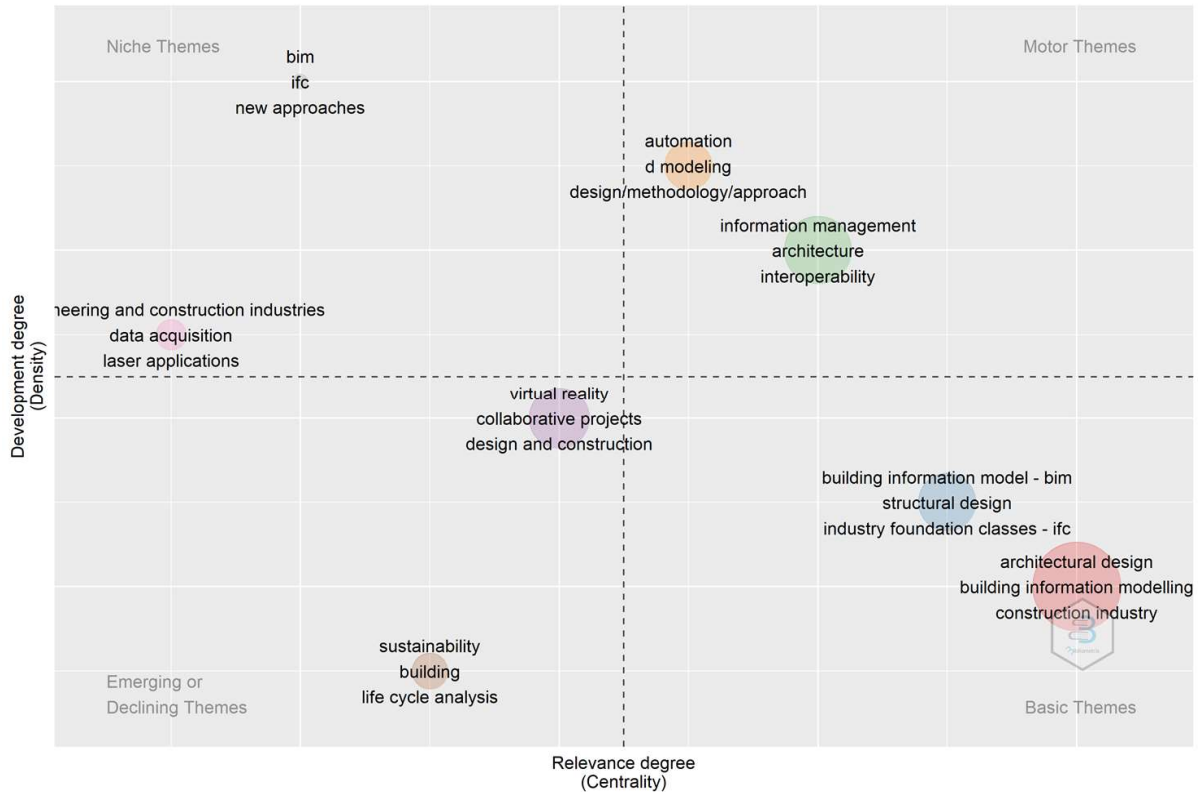


Figura 20: Mapa temático gerado a partir da amostra final do Scopus e Web of Science. Fonte: Biblioshiny.

O diagrama estratégico forma quatro quadrantes, onde, da sua interpretação, podemos inferir os termos que se encontram em cada um deles, no qual, segundo (Carvalho & Brasil Jr., 2020), determinam:

- Quadrante superior à direita: conhecido como temas motores, reúne as temáticas com as maiores métricas de centralidade e densidade e, portanto, os temas aqui encontrados caracterizam um bom desenvolvimento e importância para a estruturação da pesquisa, neste caso, os temas encontrados foram: ‘gestão de informação’; ‘arquitetura’; ‘interoperabilidade’; ‘automatização’ e ‘design/metodologia/abordagem’
- Quadrante superior à esquerda: denominado como temas de ninho, são tidos como de importância marginal à temática principal, visto que tendem a refletir temas altamente centrados, denotando quase especializações dentro de uma especialidade. Quanto mais

distantes do centro do mapa, menor a conexão com o restante das outras comunidades temáticas, neste caso os temas encontrados foram: ‘aquisição de dados’ e ‘aplicações de laser’.

- No quadrante inferior, à esquerda: denominados como temas emergentes ou em declínio, localizam-se os agrupamentos temáticos com pouca centralidade e densidade. Nesse caso, ‘sustentabilidade’, ‘análise do ciclo de vida’, ‘realidade virtual’ e ‘projetos de colaboração’ parecem representar os agrupamentos de temas emergentes.
- Quadrante inferior direito: denominados como temas básicos, encontram-se aqueles termos que configuram agrupamentos temáticos com baixa densidade e alta centralidade. No limite, são termos que, embora possam ser agrupados em comunidades, sua principal característica reside na transversalidade de seus termos por todo o corpus de nossa amostra. Nesse caso, os temas encontrados foram: ‘indústria da construção’, ‘desenho arquitetônico’ e ‘concepção estrutural’.

## 2. RCAAP

A amostra final da base de dados RCAAP, como mencionado nos procedimentos metodológicos desta pesquisa, foi concebida na medida em que necessitou coletar as produções, identificadas como de interesse, direto da base de dados para uma tabela em Excel. Na Figura 21 nota-se o desencadeamento da amostra do RCAAP, que partiu de um montante de 108 publicações, distribuídas de acordo com a situação de contorno escolhida: 69 documentos extraídos com a palavra construção, como intervenção 1, e 39 documentos extraídos com o acrónimo AEC, como intervenção 2. Todos os documentos identificados na amostra final da base de dados *RCAAP* encontram-se no anexo 2.



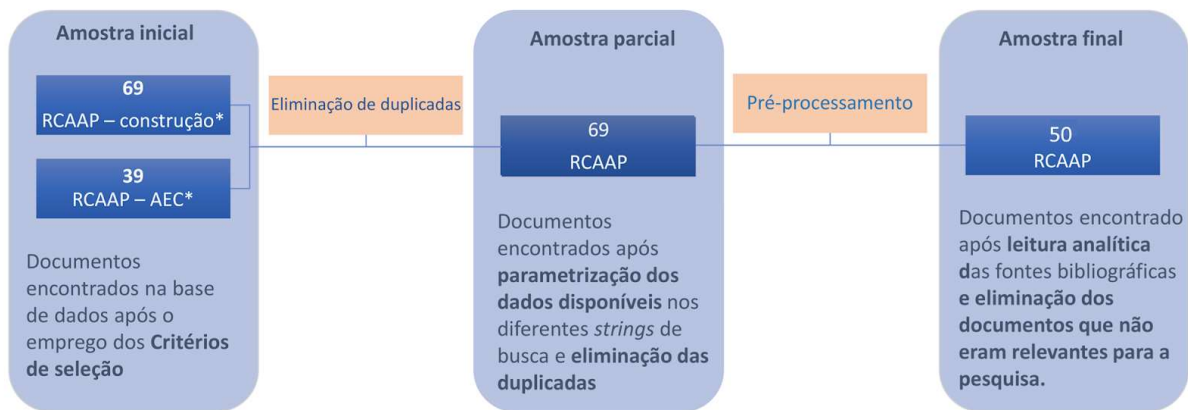


Figura 21: Desenvolvimento da Amostra das bases de dados RCAAP. Fonte: Autor.

Depois de passar por um processo de eliminação de duplicadas, através da identificação dos títulos, autores e ano de publicação, verificou-se a duplicidade dos 39 arquivos encontrados com a palavra-chave da intervenção 2. Obteve-se, assim, uma amostra parcial com 69 publicações. Em seguida, esses 69 documentos passaram pela etapa de pré-processamento, o qual consistiu na leitura analítica dos títulos, resumos, conclusões e, quando necessário, a leitura completa do documento. Detectou-se, então, os documentos que não eram relevantes para a pesquisa, obtendo uma amostra final com 50 publicações da base de dados RCAAP. Todas as 50 foram identificadas como dissertações de mestrado, não havendo nenhuma publicação para teses de doutoramento dentro dos critérios de seleção utilizados nesta pesquisa (Figura 22 e Figura 23).

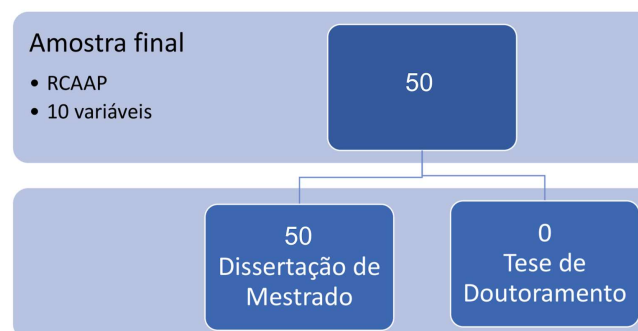


Figura 22: Determinação da Amostra Final RCAAP. Fonte: Autor.

Para a análise dos dados da amostra, utilizaram-se dois recursos distintos, sendo o primeiro através da geração de tabelas e gráficos por meio de recursos existentes no *Excel*, recurso usado predominantemente nesta amostra. O segundo recurso foi através da importação da tabela para a interface *Biblioshiny*, através do pacote *Bibliometrix* do *software R*. Este último foi utilizado apenas para analisar a frequência de palavras-chave existentes na amostra.

A primeira análise feita desta amostra está relacionada com a quantidade de publicações produzidas anualmente. Na Figura 23, nota-se que houve um decréscimo acentuado de publicações em todo o período analisado, com diminuição do nível de produção, gradualmente, ao longo dos anos, refletindo uma redução de 87% na produção de dissertações de mestrado.

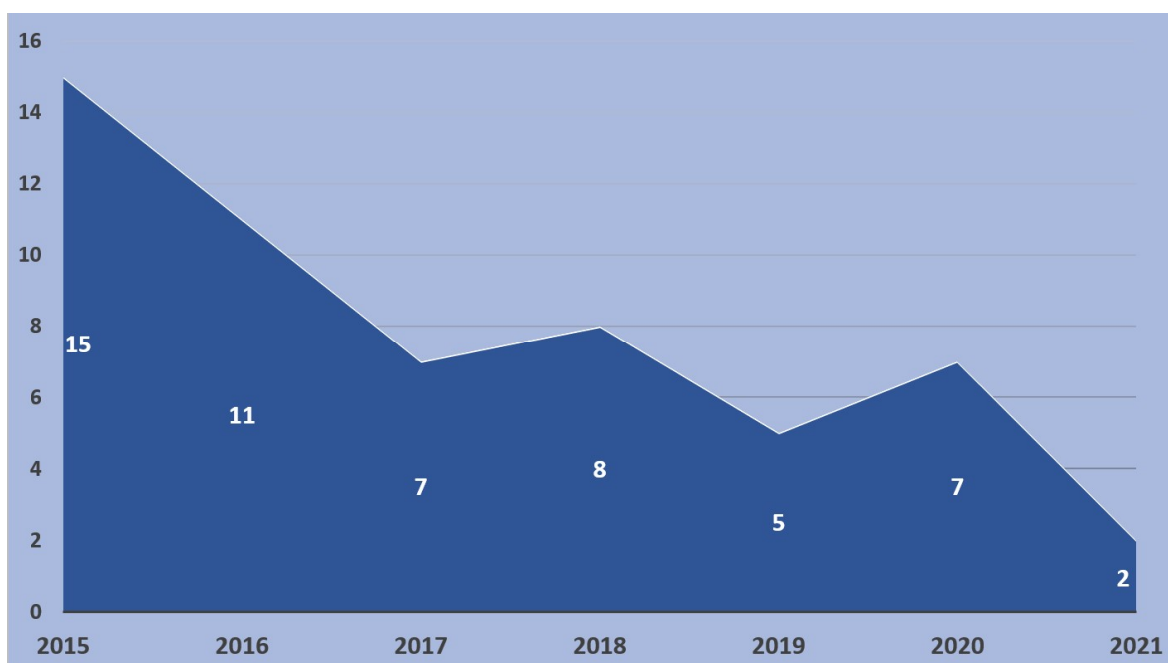


Figura 23: Evolução temporal do número de dissertações de mestrado anual (base de dados RCAAP). Fonte: Autor.

Através do gráfico, a seguir, é possível verificar o mapeamento das instituições de ensino com maior número de dissertações de mestrado, sucessivamente, são: Universidade do Minho (21); Universidade do Porto (12); Universidade de Aveiro (5). Nota-se uma disparidade entre as quantidades produzidas, sendo quase o dobro, tanto em relação ao 1º colocado, comparado com o 2º, quanto em relação ao 2º colocado, comparado com o 3º.

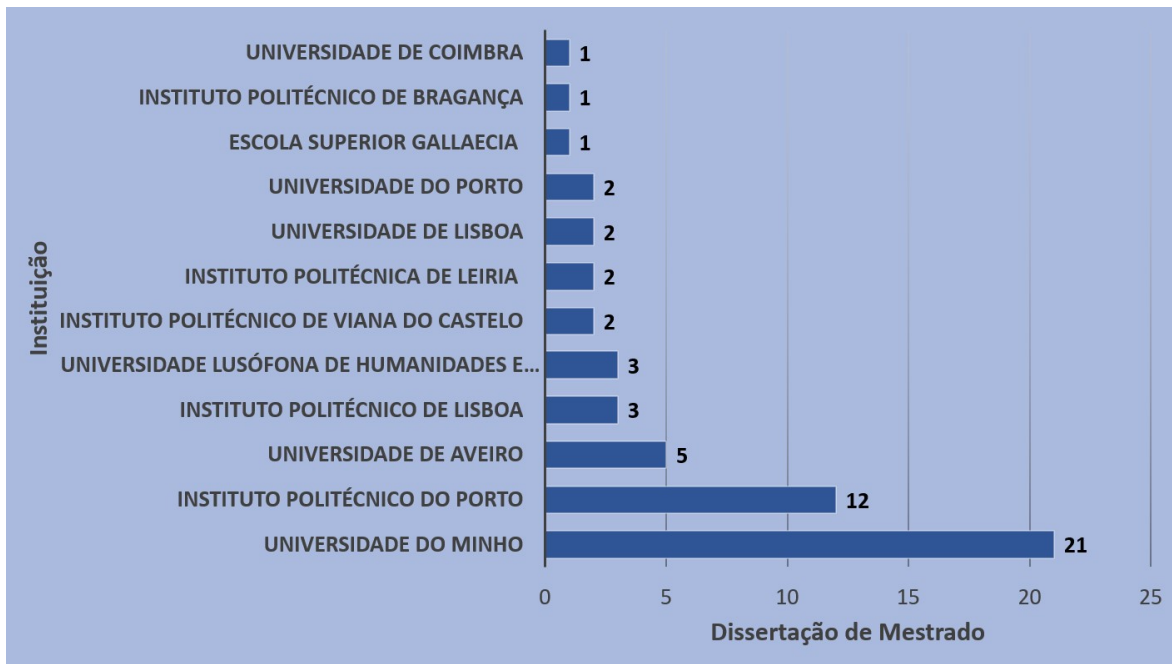


Figura 24: Mapeamento das Instituições de ensino com maior número de dissertações de mestrado (base de dados RCAAP). Fonte: Autor.

A metodologia BIM vem sendo introduzida na indústria AEC ao longo das últimas duas décadas, como forma de quebrar paradigmas, interferindo em todas as fases do processo construtivo, inclusive influenciando os encadeamentos das interações entre todos intervenientes desse processo. Assim, mostra-se necessário entender como, e se o tema BIM vem sendo abordado nas principais áreas de atuação da construção civil. Com isso, buscou-se fazer uma comparação da produção científica entre as faculdades de arquitetura e engenharia civil. No gráfico, a seguir, é possível verificar que o interesse em abordar o tema BIM nas produções acadêmicas das escolas de arquitetura, ainda se encontra muito tímido, pois se encontraram apenas 5 dissertações de mestrado. Já as escolas de engenharia civil, detêm um interesse bem maior pelo assunto em questão, visto que, das 50 amostras, 45 são dissertações elaboradas por alunos que cursam engenharia civil, refletindo quase 90% do total das produções identificadas neste trabalho.

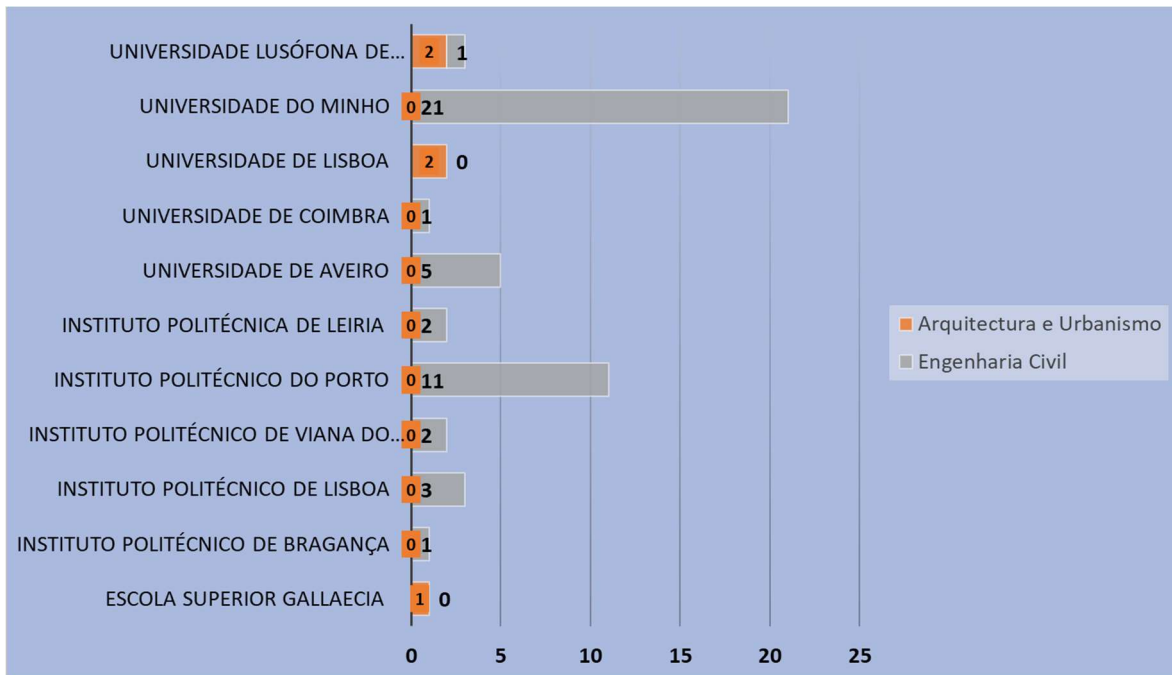


Figura 25: Comparação do número de dissertações de mestrado produzidas entre as faculdades de arquitetura e engenharia civil (base de dados RCAAP). Fonte: Autor.

Ao comparar o nível de produção acadêmica entre homens e mulheres, nota-se que há uma diferença considerável entre as quantidades de produções elaboradas por mulheres (15) e por homens (40), uma diferença de 63%. Esse resultado pode estar relacionado com o dado obtido no gráfico anterior, o qual retrata uma hegemonia das produções acadêmicas nos cursos de engenharia civil.

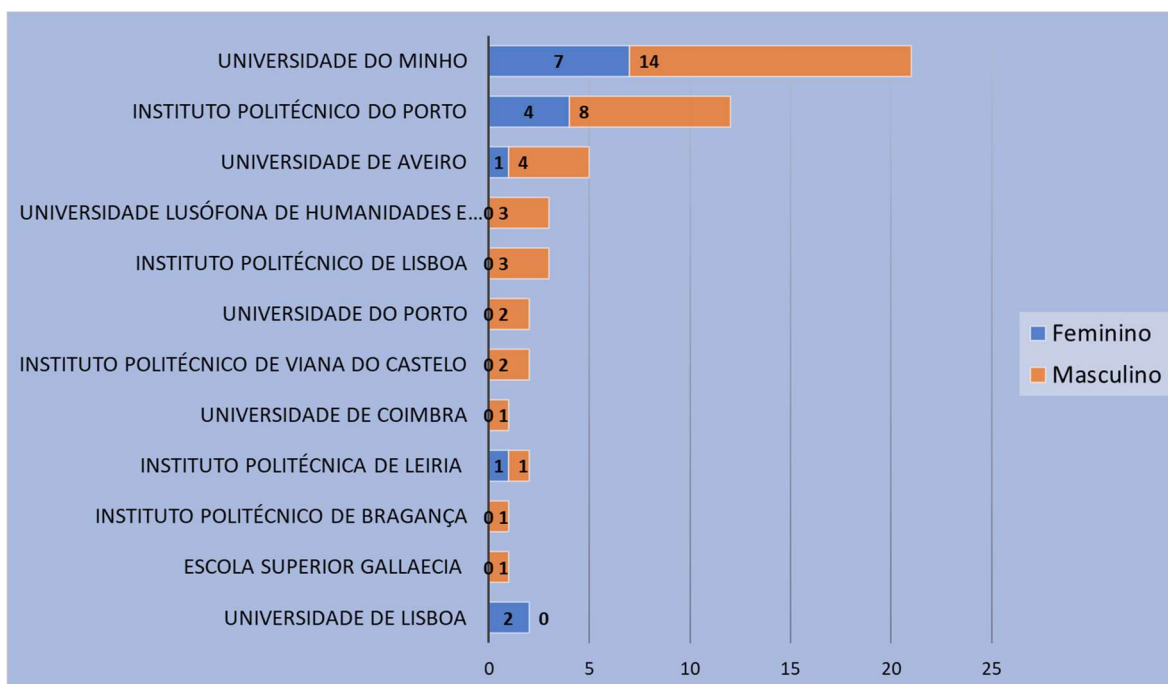


Figura 26: Comparação número de dissertações de mestrado produzidos entre homens e mulheres (base de dados RCAAP). Fonte: Autor.

Das 50 dissertações de mestrado identificadas nesta amostra, encontrou-se um total de 65 orientadores, com destaque para João Pedro Couto, com o maior número de orientações (10), seguida por Miguel Azenha (6) e José Carlos Lino (6), todos vinculados à Universidade do Minho.

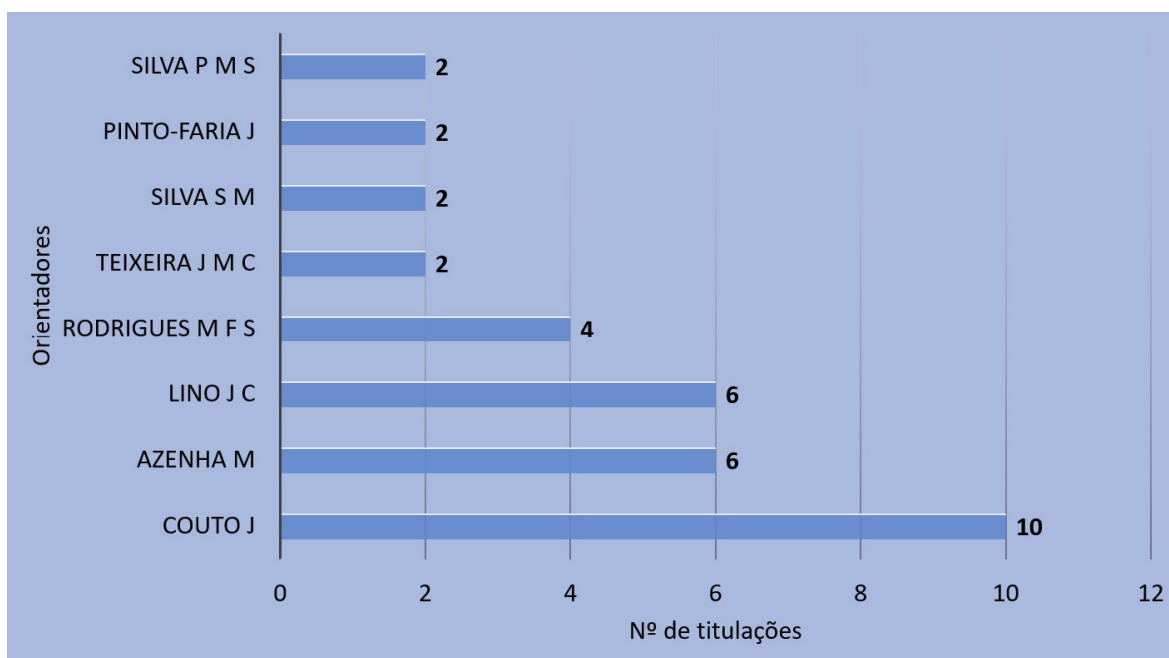


Figura 27: Número de orientações de mestrado por orientador (base de dados RCAAP) . Fonte: Autor.

O número de dissertações de mestrado que foram orientadas por coorientadores correspondem a 17 trabalhos. Nota-se que é uma quantidade baixa, se comparado com o número total de amostras analisado. Destaque para Hugo Filipe Pinheiro Rodrigues, vinculado ao Instituto Politécnico de Leiria, o qual detêm o maior número de coorientação (4).

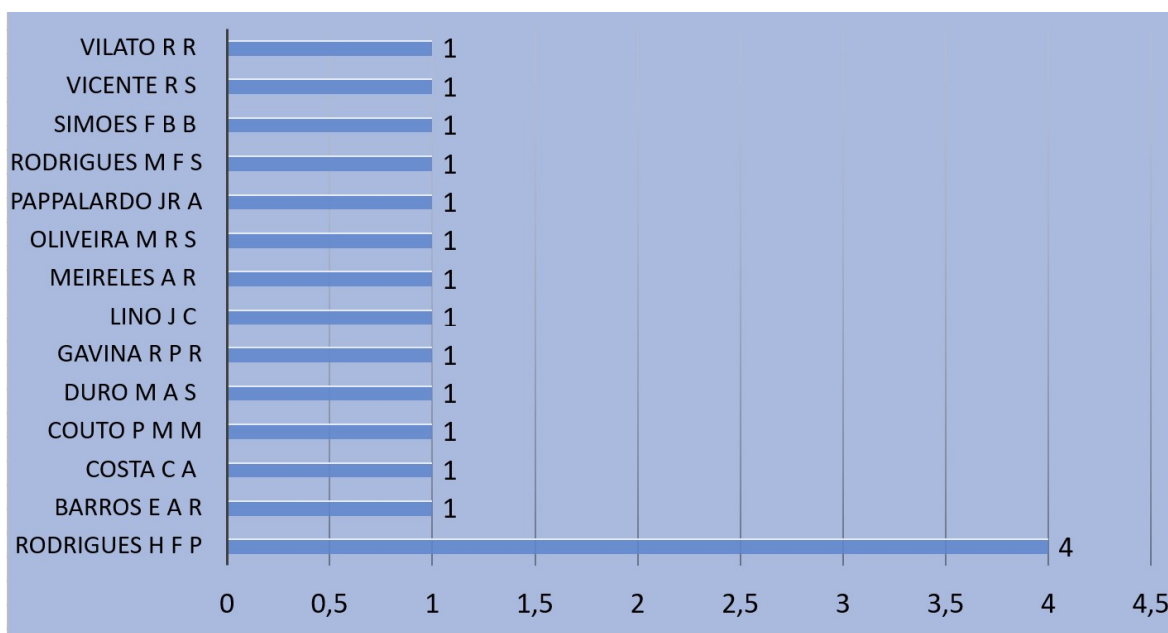


Figura 28: Número de dissertações de mestrado por coorientador (base de dados RCAAP). Fonte: Autor.

Na nuvem de palavras representada na imagem a seguir é possível identificar a ocorrência de maior frequência das palavras-chave indexadas pelos autores das dissertações de mestrado. Como era de se esperar, pois duas das palavras encontradas fizeram parte da string de busca demonstrada na metodologia deste trabalho, as mais presentes na amostra são: BIM; *building information modeling* e interoperabilidade.





Contatou-se que nas principais instituições de ensino que participaram do Fórum, a importância do BIM, na revisão do currículo e das estratégias de implementação da metodologia BIM, de modo geral, encontrava-se classificada entre o “ausente” e o “consciente”, com exceção da UMinho, a qual introduziu uma UC em 2012, e outra em 2014, em dois cursos diferentes do Mestrado Integrado de Engenharia, e do ISCTE-IUL, o qual, em 2003, inseriu uma UC no curso de arquitetura, caracterizando um nível de implementação “introduzido”. Nos dois casos apresentados, existe a intenção de não condicionar todo o currículo em função da metodologia BIM, privilegiando o nível introduzido, em detrimento do “integrado”, no qual a adoção seria plena. Essa caracterização foi baseada numa matriz de apoio (adaptada de Williams and Lees, 2009) que caracteriza o impacto no ensino da adoção da metodologia BIM, conforme a Tabela 3. (Aguiar & Bastos, 2015).

Tabela 3: Matriz de impacto no ensino do BIM ( Aguiar & Bastos, (2015) cita Williams and Lees,( 2009). Adaptado pelo autor.

PROGRAMA	1 -AUSENTE	2 -CONSCIENTE	3 -INTRODUZIDO	4 -INTEGRADO
<b>Implementação do BIM</b>	O BIM é uma investigação interessante mas não deve afectar o quê e em que fase se ensina.	O BIM é uma investigação interessante mas não deve afectar o quê e em que fase se ensina.	Os estudantes devem ter consciência de que modo o BIM vai afectar o seu futuro e ter a possibilidade de aprender BIM numa disciplina em contexto multidisciplinar.	O BIM é tão importante que deve ser o veículo para a experiência de aprendizagem dos estudantes.
	Os estudantes não necessitam de saber BIM.	Os estudantes devem ter consciência do BIM e de que modo pode ter impacto no seu futuro.	São identificados os Módulos ou disciplinas alvo para análise do BIM.O impacto do BIM é identificado em todas as áreas mas o BIM só é utilizado em algumas	O ensino deve ser veiculado através do Modelo BIM.
<b>Curriculum</b>	Não altera	São identificados os Módulos/disciplinas fundamentais e incorporado o conhecimento BIM.	São identificados os Módulos ou disciplinas alvo para análise do BIM.O impacto do BIM é identificado em todas as áreas mas o BIM só é utilizado em algumas	Análise total do Curriculum para permitir identificar a alteração necessária a operar em que cada módulo/disciplina para o seu desenvolvimento através de Modelo BIM
<b>Estrutura</b>	Não altera	Não altera	Implica uma revisão da estrutura do curriculum mas com um impacto ligeiro.	Revisão completa da estrutura do Mestrado para permitir que o Modelo BIM seja o controlador/veículo da aprendizagem.
<b>Professores</b>	Não altera	Os professores dos Módulos/disciplinas fundamentais têm de ter conhecimento do BIM e do seu impacto na indústria,	Todos os professores têm de ter conhecimento do BIM e do seu impacto na indústria Alguns necessitam de ter competência no uso BIM.	Todos os professores têm de ter competência no uso BIM e do seu impacto na indústria.
<b>Infraestrutura</b>	Não altera	Não altera	Necessita de Investimento. Necessários computadores e espaços apropriados para a aprendizagem BIM.	Necessita de Investimento significativo em infraestrutura para laboratórios BIM e espaços integrados para implementar o BIM como veículo de aprendizagem.
<b>Relação entre curriculum e investigação</b>	Não altera	Não altera	O ensino do BIM depende pouco da investigação que é feita. Os programas curriculares visam essencialmente competências práticas e conceitos base.	Existe uma integração entre a investigação e o ensino, sendo que o programa BIM deve ser atualizado de forma dinâmica.

Entre os tópicos abordados no Fórum, discutiu-se sobre a adaptação da modelagem paramétrica, a criação de objetos e famílias BIM e gestão da informação decorrente do modelo, ao nível do primeiro ciclo. Para uma verdadeira abordagem a esta metodologia, as escolas deveriam também estabelecer programas que promovessem o trabalho em ambiente colaborativo, à luz do conceito de interoperabilidade, durante o segundo ciclo, no entanto, é neste ponto que os professores das instituições de ensino encontram maior dificuldade. Tal como é explicado por Gu e de Vries, (2012), um modelo Intra disciplinar poderia servir aos propósitos da maioria, deixando o modelo interdisciplinar exclusivo às instituições onde coexistam cursos de engenharia e arquitetura, como, por exemplo, o Instituto Superior Técnico.

A reunião desses profissionais da academia culminou com o preenchimento de uma matriz, onde, a cada ano do curso, atribuíram-se os conhecimentos, as aptidões práticas, as necessidades curriculares e os critérios de avaliação considerados apropriados, numa tentativa de concertação dum curriculum base que integre o BIM (Aguiar & Bastos, 2015). Os resultados dessa discussão apontaram que, independentemente do caminho que se decida empreender, com o BIM introduzido ou integrado, programas intra ou interdisciplinares, é unânime a pertinência da definição de um curriculum adaptado às necessidades de cada instituição, refletindo a abordagem pretendida. A nova metodologia de trabalho, acima de tudo, constitui uma via de reflexão sobre a mudança de paradigma na construção, que afeta a cultura organizacional das instituições e dos indivíduos, aos quais se espera que tenham uma participação ativa e informada.

As conclusões extraídas deste fórum revelaram, ainda, uma fraca implementação do BIM nos planos curriculares da maioria das instituições presentes, o que se deve também à ausência de reconhecimento da sua importância por parte do corpo docente de cada escola.

Conjuntura essa também obtida por Venâncio (2015) que, através da elaboração de inquérito para compreender o nível de implementação e de conhecimento da metodologia BIM, em cinco grupos de intervenientes no sector da Arquitetura, Engenharia e Construção, nomeadamente: gabinetes de Projeto, câmaras Municipais, empresas de construção, instituições de Ensino Superior e donos de obra, apresenta como uma das principais conclusões: “que o BIM, em Portugal, está numa fase ainda embrionária. O grupo das instituições de ensino superior é o que apresenta maior percentagem de respondentes com conhecimento sobre o conceito BIM, seguido das empresas de construção e dos gabinetes de projeto” (Venâncio, 2015).

Em sua metodologia de trabalho, Venâncio (2015) optou por definir diferentes inquéritos para cada grupo estudado, resultando em uma caracterização direcionada, possibilitando uma análise

mais aprofundada à realidade dos grupos. A Figura 30 apresenta alguns resultados obtidos, como a identificação da percentagem de conhecedores da metodologia BIM, distribuídos de acordo com cada grupo inquirido, destacando-se os melhores resultados alcançados pelas Instituições de Ensino Superior com (68,8%); Empresas de Construção (62,9%) e gabinetes de projetos onde (60%).

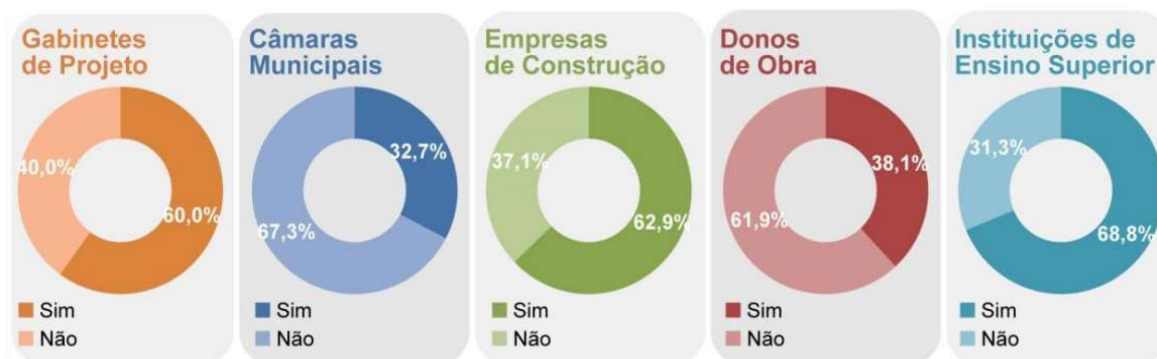


Figura 30: Comparação do conhecimento do conceito BIM em cada grupo de respondentes. Fonte: Venâncio, (2015).

A Figura 31 apresenta o nível de maturidade BIM presente nos grupos dos gabinetes de projeto e das empresas de engenharia. Nota-se que o nível 2 é o de maior percentagem em ambos os grupos. Sendo que nas empresas de construção não estão presentes outros níveis de maturidade, já no grupo dos gabinetes de projeto, encontram-se dois outros níveis de maturidade: nível 1 com 46,7% e, o nível 3, com uma menor expressão, com 2,2%.

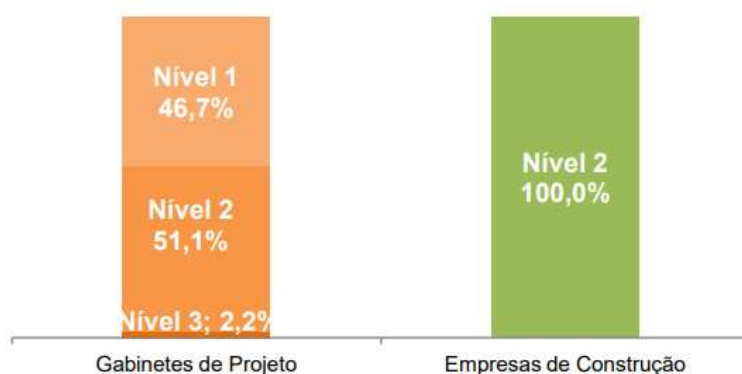


Figura 31: Nível de maturidade da implementação da metodologia BIM. Fonte: Venâncio, (2015).

No grupo das instituições de ensino superior, o inquérito identificou a caracterização da abordagem à temática BIM, nos cursos de engenharia e arquitetura, através da identificação da presença ou ausência de unidades curriculares, direcionadas à temática BIM e de como a unidade curricular era abordada, nos projetos de ensino das universidades. O resultado obtido é que, das 59,1% instituições que lecionam BIM, apenas 23,1% possuíam unidade curricular

própria sobre BIM e 53,8% mantinham abordagem BIM, no programa de outras unidades curriculares (Figura 32).

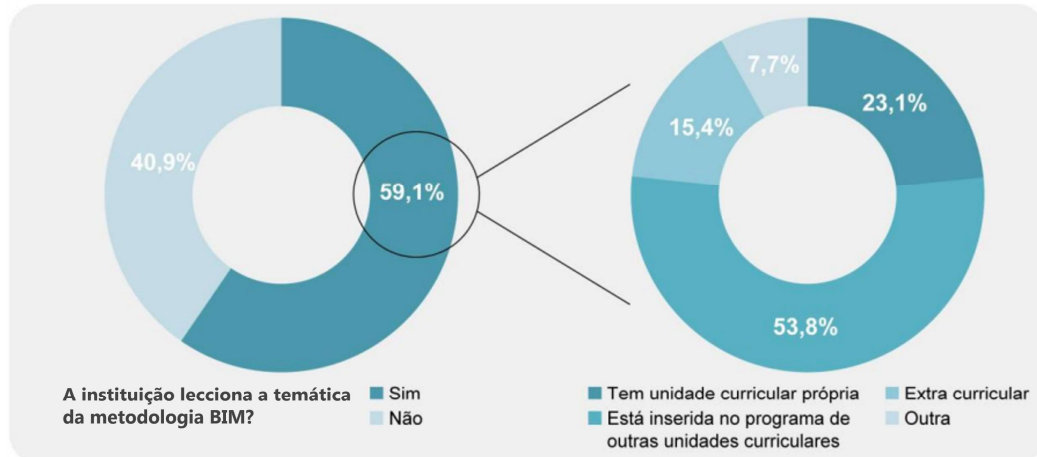


Figura 32: BIM nas instituições de ensino superior. Fonte: Venâncio (2015), adaptado pelo autor.

Venâncio (2015), aponta que os escassos investimentos financeiros, a insuficiência de apoio governamental, alinhado a uma cultura organizacional enraizada na tradicionalidade dos métodos construtivos e educacionais, trazem como consequência um atraso da implementação do BIM, na indústria.

Para a caracterização do nível de conhecimento de integração do BIM, na educação nacional, necessário à obtenção de profissionais qualificados para trabalhar de acordo com os moldes da metodologia *Building Information Modelling*, Pepe (2017), considerou os três níveis de implementação propostos por Kensek (2012) e citados por Gu & de Vries (2012), onde define que: o primeiro nível abrange a integração geral das tecnologias BIM nos planos curriculares das instituições, quer em UC's exclusivas sobre BIM, ou inseridas em programas de UC's de outras disciplinas; o segundo nível incorpora a inserção dos temas BIM de nível mais avançado, com a prática da interoperabilidade entre disciplinas vigentes no currículo; o terceiro nível identificado como nível profissional, engloba a aproximação à realidade da indústria, através de conferências e workshops.

Em sua pesquisa, Pepe (2017) concluiu que a realidade da implementação BIM, em Portugal, no âmbito da adaptação da oferta formativa, ocupava um primeiro nível de conhecimento. Pois, a inserção da temática BIM nos planos curriculares das instituições de ensino dos cursos de arquitetura e engenharia, fez-se, majoritariamente, enquanto ferramentas para modelação 3D. Essa conjuntura é justificada também em decorrência da limitação de dois fatores, segundo o

contexto português: o econômico, necessário para suportar as grandes transformações a nível tecnológico, como investimento de equipamentos, instalações, suporte dos custos com softwares e ferramentas BIM, apoio técnico especializado e outros; e ao modelo de ensino que conduz a uma prática de arquitetura tradicional, voltado a um processo centrado na figura do arquiteto.

Tendo em conta a realidade portuguesa apresentada, Pepe (2017) propõe que a adaptação curricular à metodologia BIM deve integrar novas práticas, de maneira que o BIM seja explorado enquanto seus aspetos operativos e metodológicos e não só da sua vertente de modelação 3D, prática essa já integrada em países com nível de implementação BIM mais avançado, como os Estados Unidos da América, o Reino Unido ou a França. Essa adaptação, caso seja consolidada, desenvolverá melhorias no nível de qualificação dos futuros profissionais de engenharia e arquitetura, frente aos desafios emergentes no mercado de trabalho em relação à digitalização da construção e do mercado internacional.

#### 4.2.2 Divulgação do conhecimento BIM, em Portugal

Aguiar & Bastos (2015) reconhecem o papel fundamental das instituições de ensino na formação de profissionais de arquitetura e engenharia, como principais disseminadores do conhecimento BIM em toda a sua abrangência. Baseados nessa abordagem, iremos apresentar algumas das principais iniciativas de adoção do Ensino BIM, em Portugal, nos últimos anos (Figura 33).

Uma das primeiras iniciativas sobre a aproximação do ensino BIM foi a oferta de formação do novo programa BIM, denominado Revit, ofertada pela Ordem dos Arquitetos, em 2002, e restrita apenas para profissionais do setor. A iniciativa dessa formação surgiu a partir da compra dos direitos do Revit pela empresa Autodesk, onde este se mostrava promissor no ramo dos programas *Building information modelling* e, a partir de então, teve sua utilização bastante difundida por todo o mundo, justificando o interesse de Portugal. Essa formação instigou o seu formador, o Arquiteto Rui Ricardo, professor convidado do Departamento do curso de Arquitetura, a propor o ensino do Revit no ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa, como forma de abranger o conhecimento do software também aos discentes. Apesar dessa proposta gerar uma certa rejeição por parte do corpo docente, que apresentava dúvidas quanto ao ensino e pertinência destas ferramentas, a resposta para a implementação da nova Unidade Curricular, denominada de “Representação Gráfica em Arquitetura II” para compor o 1º semestre do 3º

ano, no plano de estudos do curso, foi favorável, determinando sua inclusão em 2003. (Resende, 2017).

Desde então, essa UC passou por várias propostas de alteração no plano curricular, adaptando-se às necessidades do curso. Atualmente, no Plano de Estudos para 2022/2023, do Mestrado Integrado em Arquitetura do ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, verifica-se a inclusão de ferramentas BIM em várias UC's, como “Sistemas de Construção I”, “Sistemas de Construção II”, “Sistemas de Construção III”, “Sistemas de Construção IV” e “Gestão de Projeto e de Obra”, sendo a última voltada para Gestão de processos BIM, incluindo três conteúdos programáticos direcionados ao tema, permitindo uma visão mais ampla da metodologia aos seus alunos. O MIA ISCTE – IUL apresenta uma abordagem abrangente sobre o BIM ao longo do curso, na medida em que as UC's estão distribuídas entre o 2º, 3º e 5º ano do curso.

Já em 2010, surgiu o projeto SIGABIM (Solução Inovadora de Gestão da Construção Apoiada no Conceito *Building Information Model*) elaborado pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), em parceria com a GEQUALTEC, que é uma unidade de I&D voltada a área da Gestão Aplicada à Construção e Tecnologias de Construção de Edifícios - da mesma Faculdade de Engenharia - com o contributo de duas empresas privadas atuantes em diferentes áreas da construção: Mota-Engil Engenharia - empresa construtora nacional; Arquifam - gabinete de arquitetura com experiência na utilização de ferramentas BIM. O SIGABIM pretende impulsionar e suportar necessidades concretas de ID&T dentro das empresas envolvidas, estimulando a interação entre estas e entidades do SCT, favorecendo a aproximação entre a produção científica e o mercado, por meio da criação de metodologias e standards de utilização de ferramentas BIM ([sigarra.up.pt](http://sigarra.up.pt)).

Em 2012, o Grupo de Trabalho BIM (GT BIM) foi criado pela Plataforma Tecnológica Portuguesa de Construção (PTPC), com o objetivo de estabelecer cooperações entre grandes empresas, alusivo no âmbito de questões tecnológicas envolvidas na implementação do BIM. Dentre as entidades participativas do PTPC, encontram-se o SCTN (Sistema Científico e Tecnológico Nacional) no qual se integram desde Entidades da Administração Pública e Associações como, por exemplo, a Ordem dos Arquitetos, as instituições de ensino ou laboratórios de investigação e PME'S (PTPC, 2013).

O ano de 2012 foi um ano de muitas ações de estímulo ao uso do BIM, entre os quais se encontra o seminário "BIM - *Building Information Modeling*: Potencialidades e desafios para a Arquitetura e Engenharia", na Escola de Engenharia da Universidade do Minho, o qual foi

utilizado para dar arranque à comunidade BIMClub Universidades. O objetivo do BIMClub consiste em gerar colaboração e partilha de conhecimentos BIM através de uma plataforma aberta, sem fins lucrativos, com o desafio de estabelecer uma plataforma virtual que promova a discussão informal e iniciativas relacionadas com a implementação e divulgação do BIM, destinado especialmente a estudantes, investigadores e professores, mas também aberto ao sector profissional. Essa iniciativa foi aprovada como medida complementar do BIMFORUM Portugal e, conseqüentemente, é considerada como uma iniciativa nacional do BIM. Visto que é uma ação conjunta entre várias instituições, incluindo: UMinho, FEUP, IST, UC, FAUP, UL, FAUTL e LNEC, sendo aberta a outras partes interessadas (Caíres, 2013).

Desde de sua criação, em 2012, BIMClub tem uma participação efetiva em vários eventos voltados à difusão da metodologia BIM, em parceria com várias instituições, seja como organizadores ou participados, exemplos: Workshop de Modelação BIM, nas Estruturas de Betão Armado na UMinho (2013); Palestra *Building Information Modeling*, no Instituto Politécnico de Leiria (2013); V Jornadas de Engenharia Civil, na Universidade do Minho (2013); Jornadas de Engenharia Civil e do Ambiente, no Instituto Politécnico de Viana (2013); Seminário BIM - IST: Desafios e Oportunidades (2013); I BIM International Conference – organizado pelo BIMCLUB (2013); BIM no DEC, Rumo às Necessidades do Tecido Empresarial - organizado pela UMinho (2015); IV Semana do DEC - organizado pela UMinho (2016); BIM Aplicado à Eng. Civil, Um Processo em Franco Desenvolvimento - organizado pela UMinho (2016).

Nesse mesmo ano, o Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade do Minho aprovou a implementação da 1ª unidade curricular obrigatória sobre BIM, denominada: “BIM na Engenharia Civil: Conceção, Projeto e Construção”, enquanto disciplina do Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis.

Em 2013, surgiu a 1ª Unidade Curricular, denominada “Projeto BIM”, de caráter teórico-prático com ocorrência no 1º semestre do curso de Mestrado Integrado em Arquitetura (MIARQ), da Faculdade Arquitetura da Universidade do Porto (FAUP).

Logo depois, em 2014, arrancou a 1ª Unidade Curricular (opcional), no plano curricular do 4º ano, do curso de Mestrado Integrado em Engenharia Civil da UMinho, denominada: “BIM na Engenharia Civil: Projeto e Construção” (Azenha et al., 2016).

Assim como em 2014, foi iniciada a 1ª edição do curso de especialização denominado “Curso BIM” na Ordem dos Engenheiros. O mesmo surge de uma iniciativa do Departamento de Engenharia Civil da UMinho, através da TecMinho e coorganizado com a FEUP, FAUP, IST.



O objetivo do curso é formar BIM-Managers, capacitando profissionais da AEC para implementarem o BIM nos seus projetos e nas suas organizações, através de uma experiência prática de trabalho colaborativo, abrangendo todo o ciclo de vida da construção, desde o BIM aplicado à Arquitetura, à Engenharia Estrutural, às Instalações, até à Construção (Azenha, et al, 2018). Em 2022, após 7 anos do seu surgimento, será realizada a sua 15ª edição, caracterizando um projeto com implementação bastante consolidada.

Em janeiro de 2015, no 1º Fórum Académico BIM, em formato de Workshop, com duração de 4 horas, coordenado por Francisco Bastos Teixeira e António Aguiar Costa, ambos do Instituto Superior Técnico – Lisboa, foram levantados os desafios e dificuldades da implementação do ensino BIM, como o início de um processo de tomada de consciência, que deverá ser conduzido a uma ação de efetivação, com vista a implementar BIM, de forma estruturada, nos cursos de Mestrado Integrado em Arquitetura (MIA) e em Engenharia (MIE). Os autores contaram com a participação de professores de outras instituições (UM-MIE; IPL-ME; UA-MIE; UNL-ME; ISCTE-MIE; IST-MIA; IST-MIE), com objetivo de estabelecer debates e troca de experiências sobre o Ensino BIM, em Portugal.

Outra iniciativa importante para a fomentação e consolidação do BIM, em Portugal, foi a criação do PTBIM, congresso de BIM, na língua Portuguesa, tendo sua primeira edição em 2016, realizada em Guimarães, na Universidade do Minho. Desde então, já tiveram mais duas edições, em 2018, em Lisboa e 2020, no Porto, com previsão para uma 4ª edição, em maio de 2022, em Braga, sendo um projeto de caráter colaborativo, em parceria entre a Universidade do Minho, Universidade do Porto e Universidade de Lisboa, cujos representantes da Comissão Organizadora a nível nacional são, respectivamente: Miguel Azenha (Escola de Engenharia); João Poças Martins (Faculdade de Engenharia); António Aguiar Costa (Instituto Superior Técnico).

Em 2017, o Instituto Politécnico de Viana do Castelo apresentou o projeto da 1ª formação técnica em BIM, o qual se chama Curso Técnico Superior Profissional em BIM, promovido em parceria com o Instituto de Emprego e Formação Profissional de Viana do Castelo (IEFP) e com a empresa *Structural Research* do Grupo *SHAY MURTAGH*. Na altura, foi apresentada, a estrutura curricular, com número de vagas disponíveis (20) e duração total do curso em horas (230). A motivação do curso era suprir a demanda do mercado de mão-de-obra especializada na área de modelação BIM, inclusive com a promessa de emprego pela empresa *Structural Research* aos formandos que concluírem a formação. Porém, apesar do curso ter sido aprovado e publicado no Diário da República, no final de 2016 (Direção-Geral do Ensino Superior, 2016),

o mesmo ainda não está consolidado, visto que nunca foi iniciado, não abrindo nenhuma turma desde então, e não havendo previsão para tal - ao que se sabe até o fim desta pesquisa.

Em 2019, o Departamento de Engenharia da Universidade do Minho (DEC -UMinho) em parceria com o Politécnico de Milão (Itália) e a Universidade de Ljubljana (Eslovénia), introduziu na sua oferta formativa o novo o curso de mestrado denominado “BIM A+”, com estrutura curricular integrando de um ano letivo, com total de 60 créditos ECTS, o qual é realizado em regime de alternância, entre as três universidades integrantes. O curso tem como objetivo oferecer um programa de educação avançada em processos integrados de projeto, construção e operação BIM, com forte foco nas práticas colaborativas que são a base dessa integração ([bimaplus.org](http://bimaplus.org)).

Também em 2019, a universidade do Porto instituiu, em sua oferta formativa, o Mestrado em Projeto Integrado na Construção de Edifícios (MPRINCE), com duração de 2 anos. O curso surgiu da parceria entre a FAUP e a FEUP, e propõe uma visão global e integrada das áreas profissionais de Engenharia Civil e Arquitetura e das componentes conceptuais e técnicas que o desenvolvimento de um projeto de construção envolve. Em seu plano curricular, apresenta uma UC denominada BIM e Sistemas de Informação na Construção – BIMSIC ([fe.up.pt](http://fe.up.pt)).

Sabe-se ainda, da existência de UC's, de natureza optativa, direcionados com a temática BIM no plano curricular de três cursos presentes na oferta formativa da Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa (FAUL), nomeadamente: Mestrado Integrado em Arquitetura com especialização em Interiores e Reabilitação do Edificado (MI – Interiores); Mestrado Integrado em Arquitetura com especialização em arquitetura (MI Arquitetura- Esp.Urb); e Mestrado Integrado em Arquitetura com Especialização em Urbanismo (MI Arquitetura- Esp.Urb).

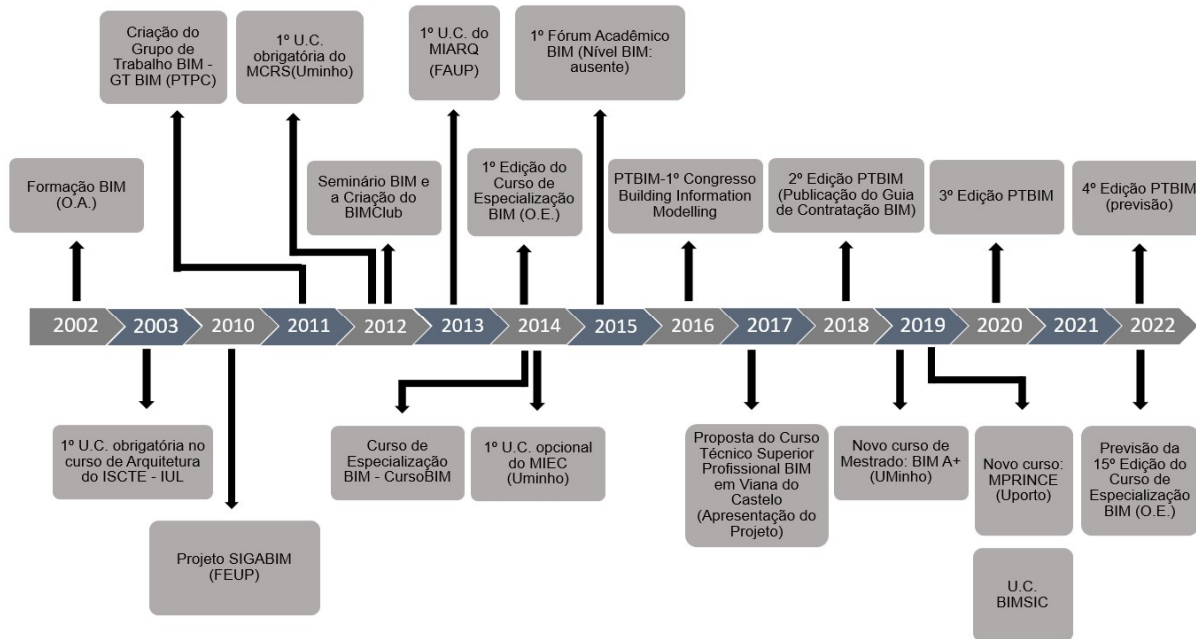


Figura 33: Linha Cronológica de ações de estímulo ao ensino BIM. Fonte: Pepe, (2017) adaptado pelo autor.

### 4.3 Discussão

No presente subcapítulo apresenta-se a interpretação e análise crítica dos resultados obtidos nas duas tendências de pesquisa. A análise da produção científica é elaborada de forma global, uma vez que os resultados das duas amostras, obtidas nas bases dos dados bibliográficos, são analisadas conjuntamente. Já a oferta curricular, de cada instituição analisada, é apresentada consoante a oferta de unidades curriculares, com abordagem BIM, nos planos curriculares dos cursos de mestrado, mestrado integrado e licenciatura.

#### 4.3.1 Produção Científica

Agregando os resultados das duas amostras obtidas das três bases de dados, *Scopus*, *Web of Science* e *RCAAP* analisadas (Tabela 4), obteve-se um total de 146 documentos, sendo: artigos (41); documentos de Conferência (44); Revisões (11); Dissertações de Mestrado (50) e Teses de Doutoramento (0). O tipo de documento com maior presença na análise é a dissertação de mestrado (34%) e o com menor impacto, a revisão (8%). Uma vez que as teses de doutoramento tiveram impacto reduzido, visto que os passos metodológicos guia deste trabalho, resultaram em apenas uma amostra desse tipo de documento. Outro fator que pode justificar a reduzida existência desse tipo de documento, na amostra obtida, deve-se ao fato de que uma pesquisa de doutoramento apresenta uma reflexão aprofundada sobre um tema específico, onde infere-se

que, na elaboração de teses de doutoramento com a temática central sobre BIM, para a escolha do título, resumo e palavras-chave (critérios de seleção aplicáveis ao RCAAP), os termos específicos sejam escolhidos em detrimento de termos mais abrangentes, como as definidas no string de busca dessa pesquisa, conforme explicado no capítulo “Apresentação e Discussão da Abordagem”.

Tabela 4: Comparativo da Produção bibliográfica em cada base de dado. Fonte: Autor.

Tipo de publicação		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Total	%
Scopus e Web of Science	Artigos	1	1	1	1	8	14	15	41	27%
	Documentos de Conferências	3	4	8	10	14	5	2	46	30%
	Revisões	0	0	2	2	4	1	3	12	8%
RCAAP	Dissertações de Mestrado	15	10	7	8	4	6	2	52	34%
	Teses de Doutoramento	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
<b>Total</b>		<b>19</b>	<b>15</b>	<b>18</b>	<b>21</b>	<b>30</b>	<b>26</b>	<b>22</b>	<b>151</b>	<b>100%</b>

Ao incluir todos os tipos de documentos na análise, observa-se que, em uma perspetiva geral, houve um crescimento anual das produções científicas pesquisadas na amostra. Como indicado no gráfico (Figura 34), mesmo havendo uma redução da produção no ano de 2021, a linha de tendência mostra que as pesquisas científicas sobre o tema abordado, nesta pesquisa, seguiram uma tendência de crescimento dentro do intervalo de tempo analisado. Em 2016, também houve um declínio na quantidade de produções, o qual infere que seja devido ao número das produções em 2015, ter sido mais elevado do que o comum, por influência da ocorrência do 1º Fórum Acadêmico BIM, em Portugal.

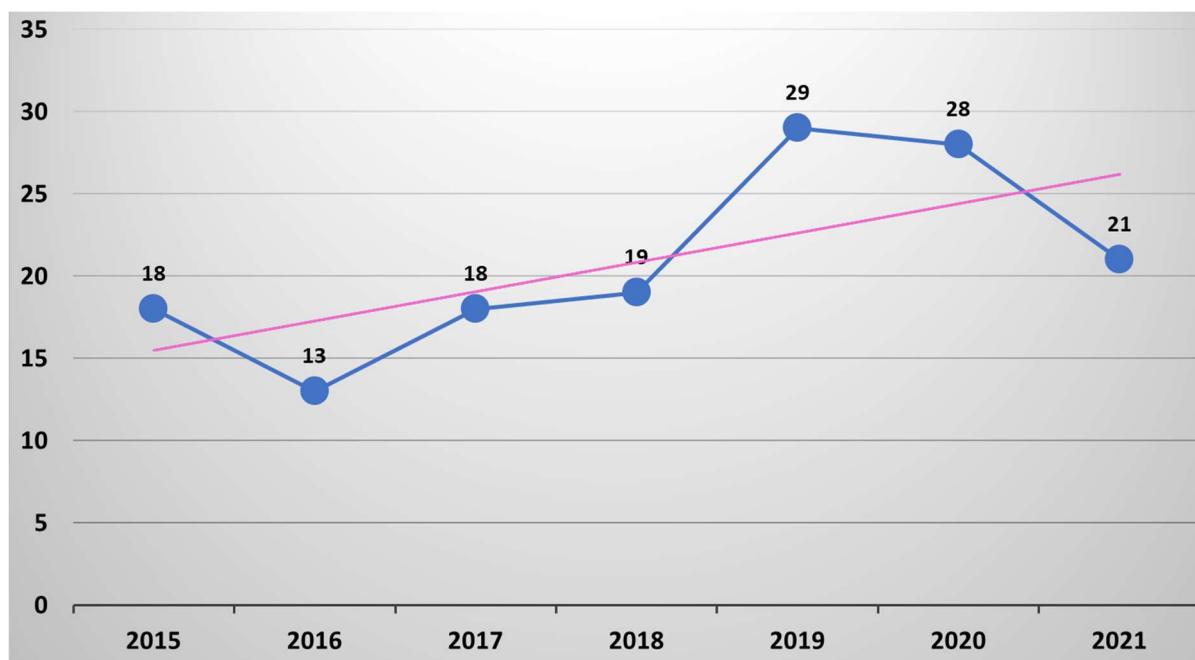


Figura 34: Evolução temporal da produção bibliográfica em uma perspectiva geral. Fonte: Autor.

Os valores obtidos, a cada ano, variam em ambos os tipos de documentos analisados, caracterizando uma descontinuidade do número de produções. Através do gráfico abaixo, (Figura 35), ao comparar o fluxo de produção de artigos e dissertações de mestrado, é possível verificar uma distinção da linha de tendência de ambas as produções. Onde se percebe que ao longo do intervalo de tempo analisado, enquanto houve um aumento nas produções dos artigos, indicando uma linha de tendência progressiva, no tocante às dissertações de mestrado, em contrapartida, houve um decréscimo, indicando uma linha de tendência regressiva.

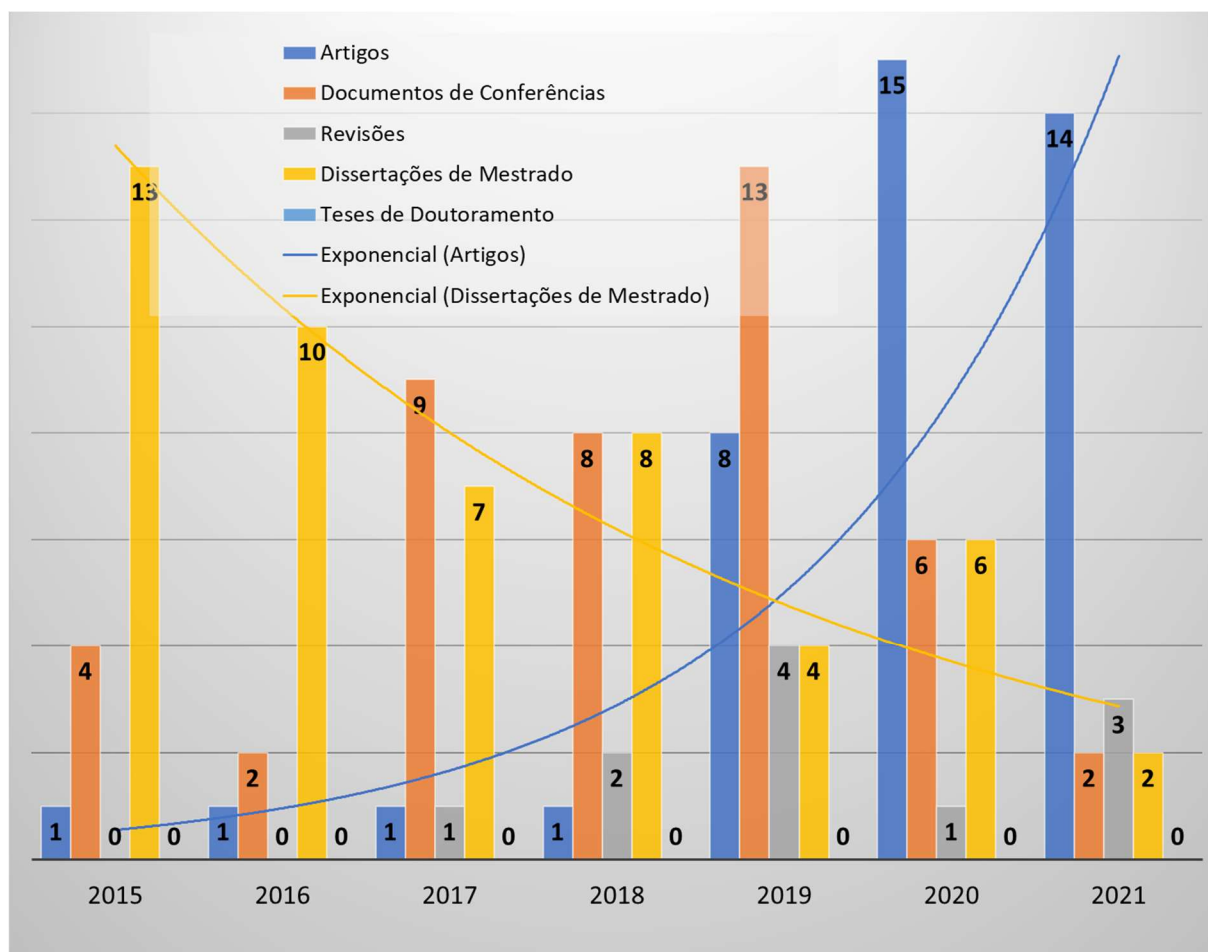


Figura 35: Comparação da produção científica anual de todos os tipos de documentos analisado. Fonte: Autor.

Nota-se que houve uma redução do número de dissertações de mestrado ao longo do período da amostra analisada, essa atenuação pode ser justificada pela triagem da amostra analisada, a qual aborda o tema BIM apenas no âmbito da construção e indústria AEC, cujos critérios de inclusão e inserção, explicados no subcapítulo 5.1 deste trabalho, também acabaram por restringir o resultado. A ampla variedade que o tema BIM detém, exatamente por caracterizar uma abordagem multidisciplinar e colaborativa de grande proporção de impacto, no setor da construção, podendo abranger diversas áreas, influenciou o número de publicações encontradas.

Outra hipótese é que a redução no número de produções de dissertação de mestrado, verificada no intervalo entre 2019 e 2021, seja ocasionada pela pandemia do coronavírus, iniciada no final de 2019 e com duração até o presente momento (mai/2021). Em resposta às dificuldades encontradas pelos alunos para o desenvolvimento dos trabalhos, seja por motivos de deslocamento, comunicação com orientadores, entre outras razões, ocasionou uma tomada de

decisão do governo Português, o qual lançou a Lei n.º 35/2021, de 8 de junho, que aprova extensões no prazo de entrega de teses e dissertações, ao abrigo do ano letivo de 2019/2020 e 2020/2021, como medidas excecionais e temporárias de resposta à situação epidemiológica. Porém, o decréscimo das produções revela-se desde 2015, o que pode ser atribuído a, ainda, modesta oferta formativa sobre o BIM, nas instituições de ensino portuguesas, pois, além de poucas universidades incluírem BIM em seu plano curricular, como unidade curricular obrigatória, como apontou Pepe (2017), estas são ensinadas como ferramentas, majoritariamente, para modelação 3D, ocupando um primeiro nível de conhecimento no seguimento da digitalização do setor, afunilando, assim, o conhecimento do discente sobre o tema. Essa baixa oferta formativa pode ser interpretada pela dificuldade que as instituições enfrentam em implementar BIM, onde se encontra, ainda presente, uma cultura organizacional enraizada na tradicionalidade dos métodos construtivos e educacionais.

Por outro lado, a tendência de crescimento das produções de artigos científicos pode ser justificada como resultado das ações de implementação BIM, realizadas nos últimos anos, em resposta às tentativas de reverter o fraco cenário de implementação BIM, identificado nas pesquisas anteriores. Nota-se que a criação de novas UC's obrigatórias e optativas, a criação do CursoBIM, o PTBIM, e as demais iniciativas apresentadas neste trabalho, voltadas à implementação do Ensino BIM, em Portugal, vem lutando para romper essa mesma cultura organizacional enraizada na tradicionalidade. Isso se deve, também, à conscientização dos docentes e investigadores, que mostraram evidente esforço coletivo em ampliar e difundir o conhecimento em BIM.

Diante do gráfico a seguir (Figura 36), é possível constatar as instituições de ensino que obtiveram maior montante de produção quando analisados todos os tipos de documentos, sendo que o 1º e 2º lugar ficaram empatados entre a Universidade do Minho (40) e a Universidade de Lisboa (40), em 3º lugar a Universidade do Porto (22), em 4º lugar o Instituto Politécnico do Porto (17) e em 5º lugar a Universidade de Aveiro (12). Nota-se que a região Norte de Portugal está bastante representada no que diz respeito à quantidade de produção acadêmica sobre BIM.

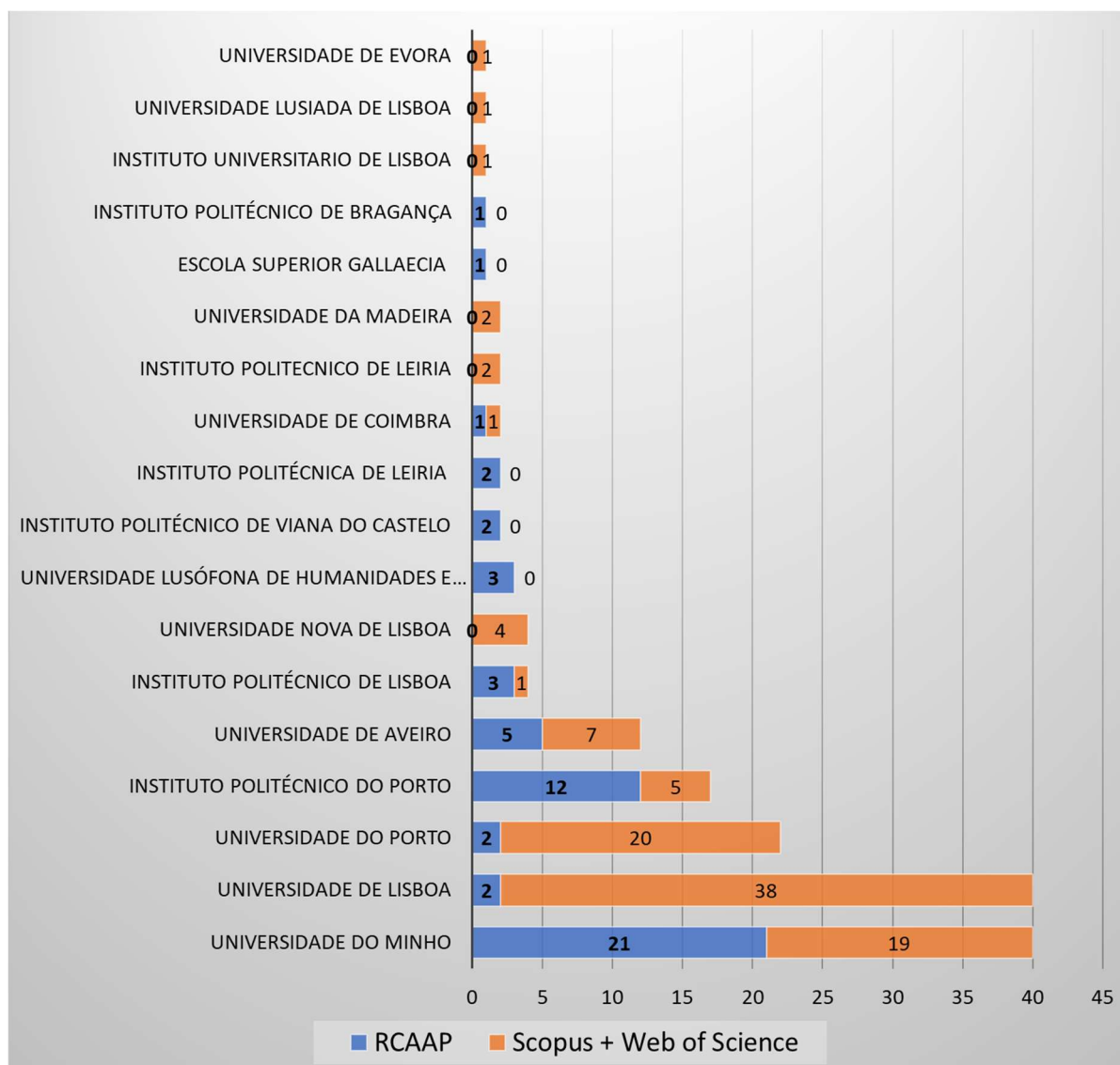


Figura 36: Comparação das Instituições de ensino com maior número de publicações considerando todas as bases de dados analisadas. Fonte: Autor.

Os resultados obtidos denotam que a adequação da oferta formativa sobre a temática BIM, nas instituições, pode motivar as produções científicas sobre o tema, na medida em que os resultados obtidos na caracterização da produção científica, em ambas as bases de dados analisadas, apresentam as mesmas instituições que se mostraram mais ativas na busca pela implementação do BIM. Assim, a Universidade do Minho (40), a Universidade de Lisboa (40) e a Universidade do Porto (29), enquanto detentoras de um maior número de produções científicas, são também as instituições que mais se destacam enquanto detentoras de ações de estímulo ao ensino BIM, seja pela inserção de novas unidades curriculares, nos seus cursos existentes; pela criação de novos cursos com a temática BIM em foco; pela fomentação de



atividades no âmbito de seminários; pelo envolvimento acadêmico com outras intuições; pelo estabelecimento de trocas de conhecimento e experiências.

#### 4.3.2 Oferta Curricular

Com a finalidade de constatar a evolução da oferta formativa, nas instituições de ensino que se destacaram enquanto maiores produtoras de documentos científicos, fez-se uma pesquisa direcionada aos planos curriculares dos cursos de mestrado, mestrado integrado e licenciatura da UMinho, ULisboa e Uporto, afim de identificar a presença de unidades curriculares com abordagem BIM.

A Universidade do Minho revelou-se uma das precursoras na adaptação da oferta formativa no âmbito BIM, com a introdução, em 2012, de uma unidade curricular obrigatória no curso de Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis e, logo depois, em 2014, com a introdução de uma UC optativa, no Mestrado Integrado de Engenharia Civil. Desde então a UMinho mostra-se ativa no processo de consolidação dessa temática, ação essa vista nos resultados obtidos dessa pesquisa, no qual identificou um crescimento das unidades curriculares BIM, ofertadas pela UMinho. Ao todo verificou-se a presença de 17 unidades curriculares, sendo 13 de caráter obrigatório e 4 de caráter optativo, distribuídas em 9 cursos diferentes (Tabela 5). No âmbito do mestrado de continuidade, a UMinho oferta cursos de mestrado em engenharia civil (MEC) com quatro possibilidades de especialização, que contém em seus planos de estudo as UC's "modelação de informação na construção" e "gestão e projetos de construção", sendo uma de caráter optativo e outra de caráter obrigatória, respectivamente.

Também foram encontradas unidades curriculares BIM em quatro mestrados de especialização ofertados pela UMinho, sendo o curso de Mestrado "BIM A+" com a maior oferta de UC's BIM (7), visto que à proposta do curso é formar profissionais especialistas BIM, todas as unidades curriculares do curso abrangem a temática, sendo essas divididas em: "gestão da informação e colaboração em BIM"; "modelação em Arquitetura e engenharia"; "modelação paramétrica em BIM"; "sistemas de dados BIM Avançados e Interoperabilidade BIM"; "modelação e aplicações 4D, 5D, 6D", "reabilitação baseada em BIM e análise de sustentabilidade", e "dissertação em BIM".

No contexto do 1º ciclo de estudos a UMinho apresenta 3 unidades curriculares no curso de Licenciatura em Engenharia Civil, sendo duas obrigatórias e uma optativa, na devida ordem: "representação gráfica e digitalização em engenharia civil", "topografia digital e gestão de obras", e "logística na construção de obras".

Tabela 5: Identificação das UC's com abordagem BIM, ofertadas pela Universidade do Minho. Fonte: Autor.

Curso	UC	Classificação
Licenciatura em Engenharia Civil	Representação Gráfica e Digitalização em Engenharia Civil	Obrigatória
	Topografia Digital e Gestão de Obras	
	Logística na Construção de Obras	Optativa
MEC-Área de Especialização em Edifícios	Modelação de Informação na Construção	Optativa
MEC-Área de Especialização Estruturas e Geotecnia		
MEC-Área de Especialização em Cidades, Território e Infraestruturas de Transporte Estruturas e Geotecnia		
MEC-Área de Especialização em Hidráulica e Ambiente		
MEC-Área de Especialização em Edifícios	Gestão e Projetos de Construção	Obrigatória
MEC-Área de Especialização Estruturas e Geotecnia		
MEC-Área de Especialização em Cidades, Território e Infraestruturas de Transporte Estruturas e Geotecnia		
MEC-Área de Especialização em Hidráulica e Ambiente		
MCRS: Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis	<i>Building Information Modeling (BIM): Conceção, Projeto e Construção</i>	Obrigatória
	Sistemas de Informação Avançados na Gestão de Construção	Optativa
MGPE: Mestrado em Gestão de Projetos de Engenharia	Sistemas de Informação para Gestão de Projetos	Obrigatória
	Logística e Procura na Construção	Optativa
MEE: Mestrado em Engenharia de Estruturas	BIM para Engenheiros de Estruturas	Obrigatória
BIM A+: Mestrado Europeu em <i>Building Information Modelling</i>	Gestão Da Informação E Colaboração em BIM	Obrigatória
	Modelação na Arquitetura e Engenharia	
	Modelação Paramétrica em BIM	
	Sistemas de Dados BIM Avançados e Interoperabilidade em BIM	
	Modelação e Aplicações 4D, 5D, 6D	
	Reabilitação e Análise de Sustentabilidade Baseadas em BIM	
	Dissertação em BIM	

A Universidade de Lisboa (ULisboa) mostra-se atenta à importância da implementação BIM, visto que, em 2015, foi responsável por organizar o 1º Fórum Académico BIM, que culminou

em reflexões sobre estratégias de inserção da temática BIM, na oferta curricular dos cursos de Mestrado Integrado em Arquitetura (MIA) e em Mestrado Integrado Engenharia (MIE), gerando reflexões sobre investigação e ensino do BIM na cultura organizacional das instituições e do indivíduo, instigando todos os integrantes do Fórum a uma participação ativa e informada. Ao analisar os planos curriculares dos cursos de engenharia civil e arquitetura ofertados pela ULisboa, verificou-se a presença de 7 unidades curriculares BIM, sendo 5 de carácter obrigatório e 2 de carácter optativo, distribuídas em 7 cursos diferentes (Tabela 6). Dentre as quais, no âmbito da Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa (FAUTL), no plano curricular 2021/2022, encontra-se a inserção de três unidades curriculares optativas, intituladas de: “BIM”; “SCAN-TO-BIM”; e “BIM – Tecnologia Integrada de Apoio ao Projeto”. Todas essas UC’s evidenciam o uso da temática BIM e encontram-se incorporadas no plano curricular dos cursos de mestrado integrado (MI), com possibilidade de três especializações diferentes: MI-Interiores; MI Arquitetura - Especialização em Arquitetura; e MI Arquitetura- Especialização em Urbanismo.

A ULisboa, através do Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georrecursos (DECivil) do Instituto Superior Técnico (IST), apresenta abordagem da temática BIM em 4 diferentes cursos: no Mestrado em Engenharia Civil, através da UC designada “tecnologias digitais na engenharia civil”; no Mestrado em Engenharia do Ambiente (MEAmb.), com a UC “desenho técnico assistido por computador”; na Licenciatura em Engenharia Civil, com a UC obrigatória que aborda os conceitos práticos, ferramentas e uso BIM, intitulada “desenho técnico”; e no Mestrado em Arquitetura, com a oferta da UC optativa, denominada “BIM para arquitetura”.

Tabela 6: Tabela 5: Identificação das UC's com abordagem BIM, ofertadas pela Universidade do Lisboa. Fonte: Autor.

Curso	UC	Classificação
MI-Arquitetura com Especialização em Interiores e Reabilitação do Edificado	BIM	Optativa
MI Arquitetura- Área de Especialização em Arquitetura		
MI Arquitetura- Área de Especialização em Urbanismo		
MI-Arquitetura com Especialização em Interiores e Reabilitação do Edificado	SCAN-TO-BIM	
MI Arquitetura- Área de Especialização em Arquitetura		
MI Arquitetura- Área de Especialização em Urbanismo		
MI-Arquitetura com Especialização em Interiores e Reabilitação do Edificado	BIM – Tecnologia Integrada de Apoio ao Projeto	
MI Arquitetura- Área de Especialização em Arquitetura		
MI Arquitetura- Área de Especialização em Urbanismo		
Mestrado em Arquitetura	BIM para Arquitetura	
Mestrado Bolonha em Engenharia Civil	Tecnologias Digitais na Engenharia Civil	
MEAmb.: Mestrado em Engenharia do Ambiente	Desenho Assistido por computador	
Licenciatura Bolonha em Engenharia Civil	Desenho Técnico	

A Universidade do Porto mostra-se sensibilizada com a abordagem da temática BIM desde cedo, a criação do SIGABIM, em 2010, projeto que propõe a aproximação entre a produção científica e o mercado, por meio da criação de metodologias e standards de utilização de ferramentas BIM, é um exemplo da importância dada ao assunto pela instituição.

Ao analisar os planos curriculares dos cursos de engenharia civil e arquitetura ofertados pela UPorto, verificou-se a presença de 3 unidades curriculares BIM, sendo 2 de caráter obrigatório e 1 de caráter optativo, distribuídas em 2 cursos diferentes (Tabela 7).

Em 2013, apesar de não ser considerada nas análises elaboradas no 1º Fórum acadêmico BIM, foi inserida a UC “projeto BIM” no plano curricular do curso de Mestrado Integrado em Arquitetura, posteriormente esse mesmo curso também instituiu a oferta de outra UC, denominada “construção 2”.

A UPorto também integra a temática BIM em sua oferta formativa no seu novo curso, denominado Mestrado em Projeto Integrado na Construção de Edifícios (MPRINCE), curso em parceria entre a FAUP e a FEUP, que detêm uma UC denominada “BIM e sistemas de informação na construção – BIMSIC”.

Tabela 7: Tabela 5: Identificação das UC's com abordagem BIM, ofertadas pela Universidade do Porto. Fonte: Autor.

Curso	UC	Classificação
Mestrado Integrado em Arquitetura	Projeto BIM	Optativa
	Construção 2	Obrigatória
MPRINC: Mestrado em Projeto Integrado na Construção de Edifícios	BIM e Sistemas de Informação na Construção	Obrigatória

A Tabela 8 apresenta um compilado das informações elencadas, relativamente à caracterização da Oferta Curricular no âmbito das iniciativas de implementação do Ensino BIM, na adequação das estruturas curriculares dos cursos de arquitetura e engenharia civil, o qual apresenta as principais unidades curriculares encontradas nos planos curriculares das instituições de ensino que se destacaram nesta pesquisa, nomeadamente: UMinho, ULisboa e UPorto. Observa-se que a integração de UC's direcionadas à temática BIM, na UMinho se faz, exclusivamente, no curso de engenharia civil, enquanto que a ULisboa e a UPorto abrangem, em seus cursos de formação, a temática BIM nas duas áreas de pesquisa analisadas: engenharia civil e arquitetura.

Tabela 8: Caracterização das unidades curriculares que abordam a temática BIM por instituição. Fonte: Autor.

Instituição	Nº Total de UC	Nº de Curso Ofertado	Classificação das UC		UC por Ciclo de Estudos		UC por Área de Ensino		
			Obrigatória	Optativa	1º ciclo	2º ciclo	Arquitetura	Eng. Civil	Arquitetura e Eng. Civil
<b>UMinho</b>	17	9	13	4	3	14	0	17	0
<b>ULisboa</b>	7	7	5	2	1	6	4	3	0
<b>UPorto</b>	3	2	2	1	0	3	2	0	1
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>23</b>	<b>6</b>	<b>20</b>	<b>1</b>

## 5. CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

### 5.1 Conclusões

Nos últimos anos, estudos mostraram que a adoção da temática BIM, no plano curricular das instituições de ensino superior portuguesas, reflete um reduzido nível de conhecimento, revelando um problema para o processo de adaptação na formação dos futuros profissionais, mediante a necessidade destes de adequação da demanda do mercado, que se apresenta rumo à digitalização da construção.

Na busca por compreender o nível de produção científica BIM, por parte das instituições de ensino portuguesas, fez-se uma análise da produção científica com abordagem BIM, fundamentada no método de revisão sistemática da literatura, empregado nesse trabalho. A escolha das bases de dados bibliográficos, a seleção do intervalo de tempo em que as publicações dos documentos ocorreram, a definição das palavras-chaves de busca e, os critérios de seleção e exclusão considerados na seleção dos documentos, definiram a amostra catalogada, influenciando diretamente nos resultados obtidos. Assim conclui-se que ao inferir informações distintas das que foram empregadas nesse trabalho, a amostra catalogada será diferente e irá refletir outros resultados.

Ao medir a produtividade científica, os resultados indicaram que a Universidade do Minho (UMinho), a Universidade de Lisboa (ULisboa) e a Universidade do Porto (UPorto) são as instituições de ensino que apresentaram o maior número de publicações anual. Os resultados apontaram que entre os anos de 2015 a 2021, nas bases de dados *Scopus*, *Web of Science* e *RCAAP*, de todos os tipos de documentos considerados (artigos, dissertações de mestrado, documentos de conferência e revisões), que discorrem sobre *Building Information Modeling* (BIM), no âmbito da indústria AEC, a UMinho e a ULisboa possuem um total de 40 publicações cada, e a UPorto detêm um total de 29 publicações.

Ao comparar o nível de produção científica, no âmbito da publicação de todos os tipos de documentos analisados, resultou em uma divergência de resultados, onde apresenta uma linha de tendência crescente para a quantidade de produção de artigos e uma linha de tendência decrescente para a quantidade de produção de dissertações de mestrado. Infere-se que o interesse pela investigação com abordagem BIM ainda é mais presente no corpo docente do que pelos discentes. Visto que, para um investigador, o interesse na publicação de artigos em revistas científicas de qualidade e alto impacto, como a *Scopus* e *Web of Science*, é grande, pois identifica o progresso acadêmico e qualidade científica do pesquisador/instituição,

ocasionando em benefícios para a instituição de ensino, como, por exemplo, bolsas ou fundos de investimento em investigação.

Em contrapartida, o decrescente número de publicações de dissertação de mestrado, indica uma baixa procura dos discentes em abordar a temática BIM para o desenvolvimento da dissertação, que pode ser justificada pela carência de conhecimento sobre a temática, pois a consolidação do conceito BIM, em Portugal, encontra-se em processamento.

Os resultados obtidos, na caracterização da produção científica, no âmbito do número de publicações por instituição de ensino, em ambas as bases de dados analisadas, apresentaram que as mesmas instituições de ensino que se mostraram com os melhores resultados nessa tendência de pesquisa, também se mostram mais ativas quanto à caracterização da evolução da oferta curricular. Com isso, esta pesquisa identificou a existência de uma correlação estabelecida entre as instituições que abrangem a temática BIM, em sua estrutura curricular, e as instituições que obtiveram maior número de publicações científicas, acerca do mesmo tema. Isso revela que a adequação da oferta formativa, com uma abordagem BIM, induz os níveis de produção, no âmbito da investigação científica sobre o mesmo tema.

Na medida em que, a UMinho, a ULisboa e a UPorto se destacaram, nesta pesquisa, enquanto instituições formadoras de conhecimento no âmbito BIM e na preparação dos futuros profissionais, mediante adaptação da sua oferta curricular, também se mostraram assertivas em resposta ao fraco contexto de implementação BIM, presente em Portugal.

Relativamente à caracterização da evolução da oferta curricular, observou-se que houve um crescimento no processo de adaptação das unidades curriculares, para integrar a metodologia BIM, nos cursos de arquitetura e engenharia civil, das diferentes instituições portuguesas.

Ao analisar o processo de evolução da oferta curricular BIM, com foco nas três instituições que se destacaram, quando comparado os resultados obtidos no 1º Fórum Acadêmico BIM, realizado em 2015, que na altura, dentre as três instituições, identificou a existência de duas unidades curriculares, ofertadas pela UMinho, das quais distribuíam-se em 2 cursos, ambos na área de engenharia civil e, a ausência de oferta de UC's na ULisboa e na UPorto. Em contrapartida, nesta pesquisa, foi identificada a existência de um total de 27 unidades curriculares, havendo um acréscimo de 93% da oferta formativa, desde os resultados identificados no 1º Fórum Acadêmico BIM (Figura 37). Dessas UC's encontradas, 17 são ofertadas pela UMinho, 7 pela ULisboa e 3 pela UPorto. Houve também um acréscimo de 88% na oferta de cursos conferentes de grau com abrangência de uma ou mais UC's com abordagem BIM, em seus planos curriculares. Totalizando uma quantidade de 18 cursos, distribuídos nas

duas áreas científicas: engenharia civil e arquitetura. Destes 18 cursos ofertados, 9 cursos pertencem a UMinho, 7 cursos referem-se a ULisboa e 2 cursos encontram-se disponíveis na UPorto.

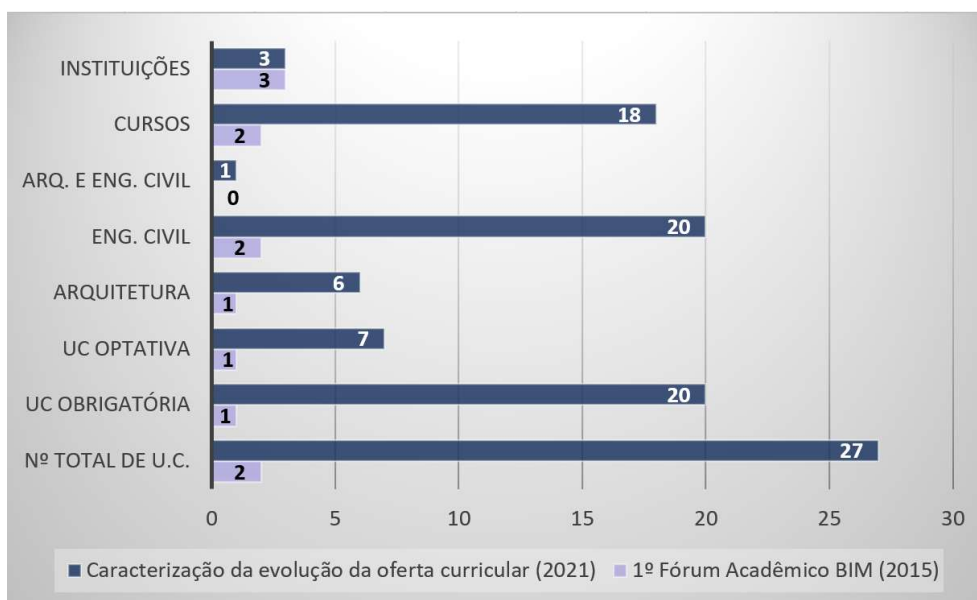


Figura 37: Caracterização das UC's, um comparativo entre 2015 e 2021. Fonte: Autor.

Visto que, ao analisar a evolução da oferta formativa BIM, em Portugal, entre os anos de 2015 a 2021, na UMinho, ULisboa e UPorto, o número de cursos e unidades curriculares ofertados com abordagem BIM aumentou consideravelmente, ambos acima de 80% de crescimento, conclui-se que há uma evolução no nível de preparação dos futuros profissionais de engenharia e arquitetura, sobre a temática BIM.

Ao fim desta pesquisa, percebeu-se que a evolução da oferta curricular acerca do uso do BIM, fez-se, majoritariamente, na estrutura curricular dos cursos do 2º ciclo de estudos (mestrados e mestrados integrados), presente em quatro Mestrados Integrados em Arquitetura, dez Mestrados em Engenharia Civil; um Mestrado em Arquitetura; e um Mestrado em Arquitetura e Engenharia Civil. Verificou-se também que as adaptações do plano curricular, nos cursos do 1º ciclo de estudos, detêm uma menor ocorrência, presente apenas em dois cursos de licenciatura, ambos na área de engenharia civil. Um dos cursos de Licenciatura é ofertado pelo ULisboa através do, que apresentou adaptação na estrutura curricular, através da UC “Desenho técnico”, o outro curso está atribuído a UMinho, o qual oferta três UC's com abordagem BIM em seu plano de estudos, nomeadamente: “representação gráfica e digitalização em engenharia civil”, “topografia digital e gestão de obras”, e “logística na construção de obras”.



Desse modo, conclui-se que, as iniciativas praticadas pelas instituições de ensino, identificadas neste trabalho, enquanto iniciativas de implementação do Ensino BIM, em Portugal, atuando como recurso de incentivo à mudança de paradigma, consolidam-se a partir da adaptação de unidades curriculares, de carácter obrigatório ou optativo; nos cursos de engenharia civil e arquitetura; criação de novos cursos técnicos ou de cursos de especialização, complementar à formação superior; preparação de congressos, seminários e workshops; desenvolvimento de normativas; consolidação da temática a partir da investigação científica.

Entretanto, a evolução no processo de adaptação das unidades curriculares, compreendida neste estudo, face ao acréscimo do número de cursos e de unidades curriculares, com abordagem BIM, presentes nas instituições de ensino portuguesas, mostra um caminho de superação da ausência de reconhecimento da importância da metodologia BIM, por parte do corpo docente dessas mesmas instituições, dificuldades esta, anteriormente, assinalada por Aguiar & Bastos (2015).

Porém, para estabelecer níveis mais elevados de maturidade BIM, necessários à consolidação do processo de digitalização da indústria AEC nacional, é preciso ultrapassar as limitações existentes na implementação BIM, identificadas por Pepe (2017), e que ainda se mostram presentes. Estas consistem na existência de barreiras económicas, dificultando o processo de adaptação a nível tecnológico, pela ausência de investimento em equipamentos, instalações, suporte dos custos com softwares e ferramentas BIM, apoio técnico especializado e outros; e, também, no modelo de ensino corrente nas instituições de ensino, que conduz uma prática de arquitetura tradicional, voltado a um processo centrado na figura do arquiteto, e reflete uma resistência às partes interessadas em adotar esse novo método de concepção.

## 5.2 Desenvolvimentos futuros

Para elaboração de trabalhos futuros, propõe-se que seja elaborado uma caracterização da produção científica, que considere a elaboração de uma nova amostra de documentos, para tanto, recomenda-se uma maior amplitude no intervalo de tempo da análise e, também, a consideração de outras bases de dados bibliográficos, como por exemplo a inserção da *Engineering Village*, plataforma que contém assuntos de quase todas as disciplinas da engenharia na base de dados *compendex*. O objetivo é que a amostra englobe um maior número de documentos, possibilitando refletir resultados ainda mais abrangentes.

Também recomenda-se o desenvolvimento de análises sobre as estratégias de “implementação da metodologia BIM”, que abranjam a conjuntura da implementação BIM nas estruturas

curriculares, de forma alargada, incluindo análise de várias instituições de ensino e em diferentes cursos de engenharia e arquitetura, para que seja possível uma definição mais precisa do impacto, no ensino, da adoção da metodologia BIM, em cada instituição de ensino. Complementarmente, seria de grande contributo a elaboração de um novo inquérito, como instrumento para definir a caracterização da implementação BIM, em Portugal, tão abrangente quanto o elaborado por Venâncio, (2015), no qual deverá considerar os vários intervenientes existentes na indústria da construção.

Os resultados deste trabalho acabaram direcionando a pesquisa para análise mais aprofundada dos planos curriculares das instituições que se mostram mais ativas nesta pesquisa, na implementação BIM (Universidade do Minho, Universidade de Lisboa e Universidade do Porto). No entanto, propõe-se que seja feita uma análise minuciosa nos planos curriculares das outras instituições de ensino, pois é possível que existam unidades curriculares que abordam o tema BIM, nos planos curriculares de outras instituições, que não foram mencionadas neste trabalho, como, por exemplo, o Instituto Politécnico do Porto, e a Universidade de Aveiro, que também se destacaram nesta pesquisa, mas acabaram não sendo o foco da mesma.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). (2021). Estratégia BIM BR. In *Abdi*. <https://estrategiabimbr.abdi.com.br/>
- Aguiar, A. C., & Bastos, F. T. (2015). BIM – building information modeling o ensino do bim em portugal. *Construção Magazine, Dossier BIM, 69, October 2015*. <https://www.researchgate.net/publication/290449321>
- AIA. (2013). Guide, Instructions and Commentary to the 2013 AIA Digital Practice Documents, AIA Document E203™–2013, Building Information Modeling and Digital Data Exhibit, AIA Document G201™–2013, Project Digital Data Protocol Form AIA Document G202™–2013, Project Bui. In *The American Institute of Architects*. [https://zdassets.aiacontracts.org/ctrzdweb02/zdpdfs/digital-practice\\_guide.pdf#\\_ga=2.53159148.516326759.1648464527-1236806115.1648464527](https://zdassets.aiacontracts.org/ctrzdweb02/zdpdfs/digital-practice_guide.pdf#_ga=2.53159148.516326759.1648464527-1236806115.1648464527)
- Arnal, I. P. (2018). *Why don't we start at the beginning? The Basics of a Project: Lean Planning and Pre-Construction*. BIM News Last Trends of the AECO Sector, BIM Community. <https://www.bimcommunity.com/news/load/490/why-don-t-we-start-at-the-beginning>
- Azenha, M., Couto, J. P., & Lino, J. C. (2016). Implementação BIM nos projetos de ensino do Departamento de Engenharia Civil da UMinho. *Livro de Atas Do 1º Congresso Português de Building Information Modelling PTBIM. Universidade Do Minho, Guimarães, 24-25 de Novembro de 2016*, 333–342. <https://doi.org/doi.org/10.5281/zenodo.166758>
- Bedrick, J., Ikerd, W., & Reinhardt, J. (2021). Level of Development (LOD) Specification For Building Information Models Part I, Guide, & Commentary. *BIM FORUM*, 1–275. [www.bimforum.org/lod](http://www.bimforum.org/lod)
- Caíres, B. E. A. (2013). *BIM as a tool to support the collaborative project between the Structural Engineer and the Architect BIM execution plan, education and promotional initiatives* (Issue October) [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho]. <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/22675> <http://hdl.handle.net/1822/35337>
- Campana, A. C. M. B., & Pereira, M. T. (2021). METODOLOGIA BIM NA CONCEPÇÃO DE PROJETOS: UMA OPÇÃO NA REDUÇÃO DA PEGADA DE CARBONO NA CONSTRUÇÃO CIVIL. *Congresso Internacional de Ciência Tecnologia e Inovação., November*. <https://doi.org/10.25110/vcictiexxeaic.2021>

- Carvalho, L., & Brasil Jr., A. (2020). Mapeando a área de pensamento social no Brasil: uma análise preliminar de sua produção em artigos. *Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação Em Saúde*, 14(3). <https://doi.org/10.29397/reciis.v14i3.2121>
- Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2011). Science mapping software tools: Review, analysis, and cooperative study among tools. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 62(7), 1382–1402. <https://doi.org/10.1002/asi.21525>
- Costa, A. A., Azenha, M., Martins, J. P., Pinho, R., Ribeirinho, L., Campos, M., Rodrigues, I., & Reis, R. C. (2020). *BIM nas Autarquias - Guia Compreensivo para a implementação do BIM* (Instituto Superior Técnico (ed.); 2020th ed.). 2020. <https://builtcolab.pt/wp-content/uploads/2020/11/bim-autarquias.pdf>
- Costa, A. A., Matos, B. de C., Drumond, D., & Rodrigues, I. (2017). *Guia de contratação BIM* (I. S. Técnico (ed.)). Boutik Studio. <http://www.ct197.pt/index.php/desenvolvimentos/documentacao>
- Darós, J. (2019, September 18). *O que é interoperabilidade? | Building Information Modeling, Tecnologia*. Utilizando BIM. <https://utilizandobim.com/blog/interoperabilidade/>
- Eastman, C. et al. (2014). Manual de BIM - Um Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e incorporadores. In T. C. G. A. Filho (Ed.), *Manual De Metodologia Da Pesquisa Aplicada À Educação* (Bookman, Issue 6).
- EUBIM Task Group. (2016). Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector. In *EU BIM Task Group*. [http://www.eubim.eu/downloads/EU\\_BIM\\_Task\\_Group\\_Handbook\\_FINAL](http://www.eubim.eu/downloads/EU_BIM_Task_Group_Handbook_FINAL)
- Galvão, M. C. B., & Ricarte, I. L. M. (2019). Revisão Sistemática da Literatura: Conceituação, Produção e Publicação. *Logeion: Filosofia Da Informação*, 6(1), 57–73. <https://doi.org/10.21728/logcion.2019v6n1.p57-73>
- Gu, N., & de Vries, B. (2012). Two Approaches to Implementing BIM in Architectural Curricula. In Digital Physicality. *Proceedings of the 30th ECAADe Conference*. Czech Technical University in Prague, Faculty of Architecture, 1, 39–48.
- Home - buildingSMART Technical. (n.d.). Retrieved March 28, 2022, from <https://technical.buildingsmart.org/>
- ISO. (2018). ISO 19650-1:2018 - 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 principl. In *ISO/TC 59/SC 13*. <https://www.iso.org/standard/68078.html>
- Padrões BIM – Estúdio CentreLine*. (n.d.). Retrieved March 28, 2022, from <https://centrelinestudio.com/bim-standards/>
- Pepe, M. (2017). *O BIM no Ensino da Arquitetura em Portugal* [Dissertação de Mestrado em Arquitetura, Escola de Tecnologias e Arquitetura, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa, Instituto Universitário de Lisboa]. <https://repositorio.iscte-iul.pt/handle/10071/16259>
- Pereira, P., Assis, A. P., & Azenha, M. (2018). Proposta de um mapa de processos para o projeto de edifícios adequados à realidade portuguesa. *2º Congresso Português de Building Information Modeling 17 e 18 de Maio de 2018, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa*. <https://doi.org/doi.org/10.5281/zenodo.1226766>
- PTPC. (2013). O Grupo de Trabalho “Building Information Model.” *2º Forum PTPC, 21 de Fevereiro de 2013*. <https://www.ptpc.pt/index.php/pt/documentos-associacao/category/24-2-forum-ptpc-tecnologias-da-construcao-na-resposta-a-novos-desafios>
- PTPC. (2016). *Relatório de Atividades e Contas*. [www.ptpc.pt](http://www.ptpc.pt)
- Resende, R. (2017). *A história do BIM no ISCTE-IUL*.
- Santos, R., Costa, A. A., & Grilo, A. (2017). Bibliometric analysis and review of Building Information Modelling literature published between 2005 and 2015. *Automation in Construction, 80*, 118–136. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.03.005>
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction, 18*(3), 357–375. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>
- Venâncio, M. (2015). Avaliação Da Implementação De Bim – Building Information Modeling Em Portugal. *Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Da Universidade Do Porto, Porto, Portugal, 2015*, 1–402.
- What is IFC - Industry Foundation Class? — buildingSMART Korea*. (n.d.). Retrieved March 28, 2022, from <https://www.buildingsmartkorea.org/what-is-ifc-and-open-source>
- Zupic, I., & Cater, T. (2015). *Bibliometric methods in management and organization. Organizational Research Methods. 18*(3), 429–472.

ANEXO

ANEXO 1: AMOSTRA FINAL - SCOPUS E WEB OF SCIENCE

<b>Lista de Referências Bibliográficas - Scopus e Web of Science</b>
<p>Aguiar Costa, A., &amp; Grilo, A. (2015). BIM-Based E-Procurement: An Innovative Approach to Construction E-Procurement. <i>The Scientific World Journal</i>, 2015, 1–15. <a href="https://doi.org/10.1155/2015/905390">https://doi.org/10.1155/2015/905390</a></p>
<p>Alecrim, I., Carvalho, J. P., Bragança, L., &amp; Mateus, R. (2020). Using BIM for Assessing Buildings Life Cycle Impacts. <i>IOP Conference Series: Earth and Environmental Science</i>, 503(1), 012005. <a href="https://doi.org/10.1088/1755-1315/503/1/012005">https://doi.org/10.1088/1755-1315/503/1/012005</a></p>
<p>Alves, M., Carreira, P., &amp; Costa, A. A. (2017). BIMSL: A generic approach to the integration of building information models with real-time sensor data. <i>Automation in Construction</i>, 84, 304–314. <a href="https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.09.005">https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.09.005</a></p>
<p>Barbosa, M. J., Pauwels, P., Ferreira, V., &amp; Mateus, L. (2016). Towards increased BIM usage for existing building interventions. <i>Structural Survey</i>, 34(2), 168–190. <a href="https://doi.org/10.1108/SS-01-2015-0002">https://doi.org/10.1108/SS-01-2015-0002</a></p>
<p>Belay, S., Goedert, J., Woldesenbet, A., Rokooei, S., Matos, J., &amp; Sousa, H. (2021). Key BIM Adoption Drivers to Improve Performance of Infrastructure Projects in the Ethiopian Construction Sector: A Structural Equation Modeling Approach. <i>Advances in Civil Engineering</i>, 2021, 1–12. <a href="https://doi.org/10.1155/2021/7473176">https://doi.org/10.1155/2021/7473176</a></p>
<p>Bernardino-Galeana, I., Llatas, C., Montes, M. V., Soust-Verdaguer, B., Canivell, J., &amp; Meda, P. (2021). <i>Life Cycle Cost (LCC) and Sustainability. Proposal of an IFC Structure to Implement LCC During the Design Stage of Buildings</i> (pp. 404–426). <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-030-61118-7_33">https://doi.org/10.1007/978-3-030-61118-7_33</a></p>
<p>Caetano, I., &amp; Leitão, A. (2019). Integration of an algorithmic BIM approach in a traditional architecture studio. <i>Journal of Computational Design and Engineering</i>, 6(3), 327–336. <a href="https://doi.org/10.1016/j.jcde.2018.11.004">https://doi.org/10.1016/j.jcde.2018.11.004</a></p>
<p>Caldeirinha, R. F. S., Fernandes, T. R., Cuinas, I., &amp; Rodrigues, H. (2019). A Framework for the inclusion of RF transparency parameters into BIM databases. <i>2019</i></p>

<p><i>SBMO/IEEE MTT-S International Microwave and Optoelectronics Conference (IMOC)</i>, 1–3. <a href="https://doi.org/10.1109/IMOC43827.2019.9317674">https://doi.org/10.1109/IMOC43827.2019.9317674</a></p>
<p>Carreira, P., Castelo, T., Gomes, C. C., Ferreira, A., Ribeiro, C., &amp; Costa, A. A. (2018). Virtual reality as integration environments for facilities management. <i>Engineering, Construction and Architectural Management</i>, 25(1), 90–112. <a href="https://doi.org/10.1108/ECAM-09-2016-0198">https://doi.org/10.1108/ECAM-09-2016-0198</a></p>
<p>Carvalho, J. P., Bragança, L., &amp; Mateus, R. (2020). Guidelines for analysing the building energy efficiency using BIM. <i>IOP Conference Series: Earth and Environmental Science</i>, 588(2), 022058. <a href="https://doi.org/10.1088/1755-1315/588/2/022058">https://doi.org/10.1088/1755-1315/588/2/022058</a></p>
<p>Carvalho, J. P., Ridder, K., Bragança, L., &amp; Mateus, R. (2019). Using BIM to optimise and assess the energy efficiency category of SBTool<sup>PT</sup> -H. <i>IOP Conference Series: Earth and Environmental Science</i>, 225, 012072. <a href="https://doi.org/10.1088/1755-1315/225/1/012072">https://doi.org/10.1088/1755-1315/225/1/012072</a></p>
<p>Carvalho, J. P., Alecrim, I., Bragança, L., &amp; Mateus, R. (2020). Integrating BIM-Based LCA and Building Sustainability Assessment. <i>Sustainability</i>, 12(18), 7468. <a href="https://doi.org/10.3390/su12187468">https://doi.org/10.3390/su12187468</a></p>
<p>Carvalho, J. P., Bragança, L., &amp; Mateus, R. (2020). A Systematic Review of the Role of BIM in Building Sustainability Assessment Methods. <i>Applied Sciences</i>, 10(13), 4444. <a href="https://doi.org/10.3390/app10134444">https://doi.org/10.3390/app10134444</a></p>
<p>Carvalho, J. P., Bragança, L., &amp; Mateus, R. (2019). Optimising building sustainability assessment using BIM. <i>Automation in Construction</i>, 102, 170–182. <a href="https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.02.021">https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.02.021</a></p>
<p>Carvalho, J. P., Bragança, L., &amp; Mateus, R. (2021). Sustainable building design: Analysing the feasibility of BIM platforms to support practical building sustainability assessment. <i>Computers in Industry</i>, 127, 103400. <a href="https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103400">https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103400</a></p>
<p>Carvalho, J. P., Villaschi, F. S., &amp; Bragança, L. (2021). Assessing Life Cycle Environmental and Economic Impacts of Building Construction Solutions with BIM. <i>Sustainability</i>, 13(16), 8914. <a href="https://doi.org/10.3390/su13168914">https://doi.org/10.3390/su13168914</a></p>

<p>Carvalho, J., Almeida, M., Bragança, L., &amp; Mateus, R. (2021). BIM-Based Energy Analysis and Sustainability Assessment—Application to Portuguese Buildings. <i>Buildings</i>, 11(6), 246. <a href="https://doi.org/10.3390/buildings11060246">https://doi.org/10.3390/buildings11060246</a></p>
<p>Coelho Marinho, A. J., &amp; Pedro Couto, J. (2021). BIM’s Contribution to Tacit Knowledge Sharing in Construction Projects – A Systematic Review. <i>2021 16th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)</i>, 1–7. <a href="https://doi.org/10.23919/CISTI52073.2021.9476259">https://doi.org/10.23919/CISTI52073.2021.9476259</a></p>
<p>Correia Lopes, G., Mendes, N., Vicente, R., Ferreira, T. M., &amp; Azenha, M. (2021). Numerical simulations of derived URM-RC buildings: Assessment of strengthening interventions with RC. <i>Journal of Building Engineering</i>, 40, 102304. <a href="https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102304">https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102304</a></p>
<p>Costa, A. A., Lopes, P. M., Antunes, A., Cabral, I., Grilo, A., &amp; Rodrigues, F. M. (2015). 3I Buildings: Intelligent, Interactive and Immersive Buildings. <i>Procedia Engineering</i>, 123, 7–14. <a href="https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.051">https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.051</a></p>
<p>Couto, P., João Falcão Silva, M., Salvado, F., &amp; Vale Azevedo, Á. (2017). <i>INTEROPERABILITY CHALLENGES IN BIM MODELS</i>. 1295. <a href="http://www.buildingsmart.org">http://www.buildingsmart.org</a>.</p>
<p>Craveiro, F., Duarte, J. P., Bartolo, H., &amp; Bartolo, P. J. (2019). Additive manufacturing as an enabling technology for digital construction: A perspective on Construction 4.0. <i>Automation in Construction</i>, 103, 251–267. <a href="https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.011">https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.011</a></p>
<p>da Silva, A., &amp; Gil, M. M. (2020). Industrial processes optimization in digital marketplace context: A case study in ornamental stone sector. <i>Results in Engineering</i>, 7, 100152. <a href="https://doi.org/10.1016/j.rineng.2020.100152">https://doi.org/10.1016/j.rineng.2020.100152</a></p>
<p>Darabseh, M. (2019). Lean Applications in Construction. <i>U.Porto Journal of Engineering</i>, 5(2), 29–37. <a href="https://doi.org/10.24840/2183-6493_005.002_0004">https://doi.org/10.24840/2183-6493_005.002_0004</a></p>
<p>Darabseh, M., &amp; Martins, J. P. (2020). Risks and Opportunities for Reforming Construction with Blockchain: Bibliometric Study. <i>Civil Engineering Journal</i>, 6(6), 1204–1217. <a href="https://doi.org/10.28991/cej-2020-03091541">https://doi.org/10.28991/cej-2020-03091541</a></p>



<p>Díaz-Vilariño, L., Frías, E., Balado, J., &amp; González-Jorge, H. (2018). Scan Planning and Route Optimization for Control of Execution of As-Designed BIM. <i>The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLII-4</i>, 143–148. <a href="https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-143-2018">https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-143-2018</a></p>
<p>Dinis, F. M., Guimaraes, A. S., Carvalho, B. R., &amp; Pocas Martins, J. P. (2017). An immersive Virtual Reality interface for Civil Engineering dissemination amongst pre-university students. <i>2017 4th Experiment@International Conference (Exp.at'17)</i>, 157–158. <a href="https://doi.org/10.1109/EXPAT.2017.7984423">https://doi.org/10.1109/EXPAT.2017.7984423</a></p>
<p>Dinis, F. M., Sanhudo, L., Martins, J. P., &amp; Ramos, N. M. M. (2020). Improving project communication in the architecture, engineering and construction industry: Coupling virtual reality and laser scanning. <i>Journal of Building Engineering, 30</i>, 101287. <a href="https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101287">https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101287</a></p>
<p>Durão, V., Costa, A. A., Silvestre, J. D., Mateus, R., &amp; de Brito, J. (2019). Integration of environmental life cycle information in BIM objects according with the level of development. <i>IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 225</i>, 012075. <a href="https://doi.org/10.1088/1755-1315/225/1/012075">https://doi.org/10.1088/1755-1315/225/1/012075</a></p>
<p>Fartaria JETsj, C., Lda, G., Gondar, P. J., Pisco, G., &amp; Pinto, A. (n.d.). <i>Infinity Tower, high rise building in Lisbon: innovative solutions for a deep and complex excavation</i> <i>Infinity Tower, bâtiment de grand hauteur à Lisbonne: solutions innovateurs pour une excavation profonde et complexe</i>. <a href="https://doi.org/10.32075/17ECSMGE-2019-0536">https://doi.org/10.32075/17ECSMGE-2019-0536</a></p>
<p>Fernandes, J., Tender, M., &amp; Couto, J. (2017). Using BIM for risk management on a construction site. <i>Occupational Safety and Hygiene V</i>, 269–272. <a href="https://doi.org/10.1201/9781315164809-50">https://doi.org/10.1201/9781315164809-50</a></p>
<p>Giollo, R., João Falcão Silva, M., &amp; Couto, P. (2017). <i>Interoperability Between BIM Models And Pronic Application: A Public Building Rehabilitation</i>.</p>
<p>Gondar, J., &amp; Pinto, A. (2018). <i>Case Study: BIM and Geotechnical Project in Urban Area – Infinity Tower</i> (pp. 923–926). <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-319-97115-5_10">https://doi.org/10.1007/978-3-319-97115-5_10</a></p>
<p>João Falcão Silva, M., Salvado, F., Couto, P., &amp; Vale Azevedo, Á. (2017). <i>BIM And Cobie Integration For Structures Life-Cycle Analysis</i>.</p>

<p>Llatas, C., Angulo Fornos, R., Bizcocho, N., Cortés Albalá, I., Falcón Ganfornina, R., Galeana, I., García-Martínez, A., Gómez de Cózar, J. C., López Alonso, S., Meda, P., Mercado Martínez, J. M., Montes, M. V., Periañez Cristobal, R., Quiñones, R., Rojo, T., Rubio Bellido, C., Ruiz Alfonsea, M., &amp; Soust-Verdaguer, B. (2019). Towards a Life Cycle Sustainability Assessment method for the quantification and reduction of impacts of buildings life cycle. <i>IOP Conference Series: Earth and Environmental Science</i>, 323(1), 012107. <a href="https://doi.org/10.1088/1755-1315/323/1/012107">https://doi.org/10.1088/1755-1315/323/1/012107</a></p>
<p>Machete, R., Falcão, A. P., Gonçalves, A. B., Godinho, M., &amp; Bento, R. (2021). Development of a Manueline Style Object Library for Heritage BIM. <i>International Journal of Architectural Heritage</i>, 15(12), 1930–1941. <a href="https://doi.org/10.1080/15583058.2020.1740825">https://doi.org/10.1080/15583058.2020.1740825</a></p>
<p>Machete, R., Silva, J. R., Bento, R., Falcão, A. P., Gonçalves, A. B., Lobo de Carvalho, J. M., &amp; Silva, D. V. (2021). Information transfer between two heritage BIMs for reconstruction support and facility management: the case study of the Chalet of the Countess of Edla, Sintra, Portugal. <i>Journal of Cultural Heritage</i>, 49, 94–105. <a href="https://doi.org/10.1016/j.culher.2021.02.010">https://doi.org/10.1016/j.culher.2021.02.010</a></p>
<p>Maia, L., Mêda, P., &amp; Freitas, J. G. (2015). BIM Methodology, a New Approach - Case Study of Structural Elements Creation. <i>Procedia Engineering</i>, 114, 816–823. <a href="https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.032">https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.032</a></p>
<p>Marinho, A., Couto, J., &amp; Teixeira, J. (2021). Relational Contracting And Its Combination With The Bim Methodology in Mitigating Asymmetric Information Problems In Construction Projects. <i>Journal Of Civil Engineering And Management</i>, 27(4), 217–229. <a href="https://doi.org/10.3846/jcem.2021.14742">https://doi.org/10.3846/jcem.2021.14742</a></p>
<p>Mol, A., Cabaleiro, M., Sousa, H. S., &amp; Branco, J. M. (2020). HBIM for storing life-cycle data regarding decay and damage in existing timber structures. <i>Automation in Construction</i>, 117, 103262. <a href="https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103262">https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103262</a></p>
<p>Moyano, J., Odriozola, C. P., Nieto-Julián, J. E., Vargas, J. M., Barrera, J. A., &amp; León, J. (2020). Bringing BIM to archaeological heritage: Interdisciplinary method/strategy and accuracy applied to a megalithic monument of the Copper Age. <i>Journal of Cultural Heritage</i>, 45, 303–314. <a href="https://doi.org/10.1016/j.culher.2020.03.010">https://doi.org/10.1016/j.culher.2020.03.010</a></p>
<p>Nemati, B., Zandi, S., Aminnejad, B., Davarazar, M., Sheikhejad, Y., Jahanianfard, D., &amp; Mostafaie, A. (2020). "Building Information Modelling Execution in Administrative and Commercial Spaces in Iran – A Fuzzy-Delphi Criteria Prioritization ". <i>Journal of</i></p>

<p><i>Settlements and Spatial Planning</i>, <i>SI</i>(6), 17–27.  <a href="https://doi.org/10.24193/JSSPSI.2020.6.03">https://doi.org/10.24193/JSSPSI.2020.6.03</a></p>
<p>Neves, J., Sampaio, Z., &amp; Vilela, M. (2019). A Case Study of BIM Implementation in Rail Track Rehabilitation. <i>Infrastructures</i>, <i>4</i>(1), 8.  <a href="https://doi.org/10.3390/infrastructures4010008">https://doi.org/10.3390/infrastructures4010008</a></p>
<p>Nuñez Muñoz, J., Villena Manzanares, F., &amp; Marçal Gonçalves, M. (2020). BIM Approach to Modeling a Sports Pavilion for University Use. <i>Applied Sciences</i>, <i>10</i>(24), 8895.  <a href="https://doi.org/10.3390/app10248895">https://doi.org/10.3390/app10248895</a></p>
<p>Pereira, V., Santos, J., Leite, F., &amp; Escórcio, P. (2021). Using BIM to improve building energy efficiency – A scientometric and systematic review. <i>Energy and Buildings</i>, <i>250</i>, 111292. <a href="https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111292">https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111292</a></p>
<p>Pessoa, S., Guimarães, A. S., Lucas, S. S., &amp; Simões, N. (2021). 3D printing in the construction industry - A systematic review of the thermal performance in buildings. <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i>, <i>141</i>, 110794.  <a href="https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110794">https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110794</a></p>
<p>Pessoa, S., &amp; Guimarães, A. S. (2020). The 3D printing challenge in buildings. <i>E3S Web of Conferences</i>, <i>172</i>, 19005. <a href="https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017219005">https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017219005</a></p>
<p>Rafsanjani, H. N., &amp; Nabizadeh, A. H. (2021). Towards digital architecture, engineering, and construction (AEC) industry through virtual design and construction (VDC) and digital twin. <i>Energy and Built Environment</i>.  <a href="https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2021.10.004">https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2021.10.004</a></p>
<p>Raposo, C., Rodrigues, F., &amp; Rodrigues, H. (2019). BIM-based LCA assessment of seismic strengthening solutions for reinforced concrete precast industrial buildings. <i>Innovative Infrastructure Solutions</i>, <i>4</i>(1), 51. <a href="https://doi.org/10.1007/s41062-019-0239-7">https://doi.org/10.1007/s41062-019-0239-7</a></p>
<p>Rebelo, M. A., Silveira, F. R., Czarnocka, E., &amp; Czarnocki, K. (2019). Construction Safety on Scaffolding: Building Information Modeling (BIM) and Safety Management. <i>U.Porto Journal of Engineering</i>, <i>5</i>(2), 46–60. <a href="https://doi.org/10.24840/2183-6493_005.002_0006">https://doi.org/10.24840/2183-6493_005.002_0006</a></p>

<p>Rocha, G., &amp; Mateus, L. (2021). A Survey of Scan-to-BIM Practices in the AEC Industry—A Quantitative Analysis. <i>ISPRS International Journal of Geo-Information</i>, 10(8), 564. <a href="https://doi.org/10.3390/ijgi10080564">https://doi.org/10.3390/ijgi10080564</a></p>
<p>Rocha, L. F., Tavares, P., Malaca, P., Costa, C., Silva, J., &amp; Veiga, G. (2017). <i>Beam for the Steel Fabrication Industry Robotic Systems</i>.</p>
<p>Rodrigues, F., Antunes, F., &amp; Matos, R. (2021). Safety plugins for risks prevention through design resourcing BIM. <i>Construction Innovation</i>, 21(2), 244–258. <a href="https://doi.org/10.1108/CI-12-2019-0147">https://doi.org/10.1108/CI-12-2019-0147</a></p>
<p>Rodrigues, F., Estrada, J., Antunes, F., &amp; Swuste, P. (2018). <i>Safety Through Design: A BIM-Based Framework</i> (pp. 112–123). <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-319-61645-2_9">https://doi.org/10.1007/978-3-319-61645-2_9</a></p>
<p>Rodrigues, F., Isayeva, A., Rodrigues, H., &amp; Pinto, A. (2020). Energy efficiency assessment of a public building resourcing a BIM model. <i>Innovative Infrastructure Solutions</i>, 5(2), 41. <a href="https://doi.org/10.1007/s41062-020-00291-1">https://doi.org/10.1007/s41062-020-00291-1</a></p>
<p>Sampaio, A. Z. (2018). <i>Education In Engineering: Bim And Vr Technologies Improving Collaborative Projects</i>.</p>
<p>Sampaio, A. Z. (2019). <i>Proposal of Curricular Program to Introduce BIM in a Civil Engineering School</i> (pp. 1131–1137). <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-319-91334-6_156">https://doi.org/10.1007/978-3-319-91334-6_156</a></p>
<p>Sampaio, A. Z., &amp; Berdeja, E. (2017). Collaborative BIM environment as a support to conflict analysis in building design. <i>2017 4th Experiment@International Conference (Exp.at'17)</i>, 77–82. <a href="https://doi.org/10.1109/EXPAT.2017.7984348">https://doi.org/10.1109/EXPAT.2017.7984348</a></p>
<p>Sampaio, A. Z. (2018, June 20). Introduction of BIM methodology in education: Concept and application. <i>Proceedings of the 4th International Conference on Higher Education Advances (HEAD'18)</i>. <a href="https://doi.org/10.4995/HEAD18.2018.7443">https://doi.org/10.4995/HEAD18.2018.7443</a></p>
<p>Sampaio, A. Z. (2021). Maturity of BIM Implementation in the Construction Industry: Governmental Policies. <i>International Journal of Engineering Trends and Technology</i>, 69(7), 92–100. <a href="https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V69I7P214">https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V69I7P214</a></p>
<p>Sampaio, A. Z. (n.d.). <i>Introduction of BIM in a Civil Engineering School: Curricular Program EUCEET 2018 4 th International Conference on Civil Engineering</i></p>

<p><i>Education: Challenges for the Third Millennium</i>. Retrieved March 3, 2022, from <a href="https://fenix.ist.utl.pt/homepage/ist12448">https://fenix.ist.utl.pt/homepage/ist12448</a></p>
<p>Sampaio, A. Z. (2018). <i>Building Information Modeling (BIM) Applications in an Education Context</i> (pp. 414–428). <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-319-91638-5_23">https://doi.org/10.1007/978-3-319-91638-5_23</a></p>
<p>Sampaio, A. Z. (2017). 4D/BIM model linked to VR technology. <i>Proceedings of the Virtual Reality International Conference - Laval Virtual 2017</i>, 1–4. <a href="https://doi.org/10.1145/3110292.3110298">https://doi.org/10.1145/3110292.3110298</a></p>
<p>Sampaio, A. Z. (2019). BIM Capacities Improved With Vr Technology In The Building Project. <i>Proceedings of the International Conferences Big Data Analytics, Data Mining and Computational Intelligence 2019; and Theory and Practice in Modern Computing 2019</i>, 214–218. <a href="https://doi.org/10.33965/tpmc2019_201907C028">https://doi.org/10.33965/tpmc2019_201907C028</a></p>
<p>Sampaio, A. Z., Pinto, A. M., Gomes, A. M., &amp; Sanchez-Lite, A. (2021). Generation of an HBIM Library regarding a Palace of the 19th Century in Lisbon. <i>Applied Sciences</i>, <i>11</i>(15), 7020. <a href="https://doi.org/10.3390/app11157020">https://doi.org/10.3390/app11157020</a></p>
<p>Sánchez, A., Gonzalez-Gaya, C., Zulueta, P., Sampaio, Z., &amp; Torre, B. (2019). Academic Proposal for Heritage Intervention in a BIM Environment for a 19th Century Flour Factory. <i>Applied Sciences</i>, <i>9</i>(19), 4134. <a href="https://doi.org/10.3390/app9194134">https://doi.org/10.3390/app9194134</a></p>
<p>Sanchez-Lite, A., Gonzalez, C., Zulueta, P., &amp; Sampaio, Z. (2020). A Comparative Study of the Use of Building Information Modeling in Teaching Engineering Projects. <i>IEEE Access</i>, <i>8</i>, 220046–220057. <a href="https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3042662">https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3042662</a></p>
<p>Sanhudo, L. P. N., &amp; Martins, J. P. da S. P. (2018). Building information modelling for an automated building sustainability assessment. <i>Civil Engineering and Environmental Systems</i>, <i>35</i>(1–4), 99–116. <a href="https://doi.org/10.1080/10286608.2018.1521393">https://doi.org/10.1080/10286608.2018.1521393</a></p>
<p>Sanhudo, L., Poças Martins, J., Ramos, N. M. M., Almeida, R. M. S. F., Rocha, A., Pinto, D., Barreira, E., &amp; Simões, M. L. (2021). BIM framework for the specification of information requirements in energy-related projects. <i>Engineering, Construction and Architectural Management</i>, <i>28</i>(10), 3123–3143. <a href="https://doi.org/10.1108/ECAM-07-2020-0488">https://doi.org/10.1108/ECAM-07-2020-0488</a></p>
<p>Sanhudo, L., Ramos, N. M. M., Martins, J. P., Almeida, R. M. S. F., Barreira, E., Simões, M. L., &amp; Cardoso, V. (2020). A framework for in-situ geometric data acquisition using</p>

<p>laser scanning for BIM modelling. <i>Journal of Building Engineering</i>, 28, 101073. <a href="https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.101073">https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.101073</a></p>
<p>Sanhudo, L., Ramos, N. M. M., Poças Martins, J., Almeida, R. M. S. F., Barreira, E., Simões, M. L., &amp; Cardoso, V. (2018). Building information modeling for energy retrofitting – A review. <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i>, 89, 249–260. <a href="https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.064">https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.064</a></p>
<p>Santos, D. M., &amp; Beirão, J. N. (2020). <i>Integration of BIM and Generative Design for Earthbag Projects</i> (pp. 102–109). <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-030-29041-2_13">https://doi.org/10.1007/978-3-030-29041-2_13</a></p>
<p>Santos, R., Aguiar Costa, A., Silvestre, J. D., &amp; Pyl, L. (2020). Development of a BIM-based Environmental and Economic Life Cycle Assessment tool. <i>Journal of Cleaner Production</i>, 265, 121705. <a href="https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121705">https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121705</a></p>
<p>Santos, R., Costa, A. A., &amp; Grilo, A. (2017). Bibliometric analysis and review of Building Information Modelling literature published between 2005 and 2015. <i>Automation in Construction</i>, 80, 118–136. <a href="https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.03.005">https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.03.005</a></p>
<p>Santos, R., Costa, A. A., Silvestre, J. D., &amp; Pyl, L. (2019). Integration of LCA and LCC analysis within a BIM-based environment. <i>Automation in Construction</i>, 103, 127–149. <a href="https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.02.011">https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.02.011</a></p>
<p>Santos, R., Costa, A. A., Silvestre, J. D., &amp; Pyl, L. (2019). Informetric analysis and review of literature on the role of BIM in sustainable construction. <i>Automation in Construction</i>, 103, 221–234. <a href="https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.02.022">https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.02.022</a></p>
<p>Santos, R., Costa, A. A., Silvestre, J. D., Vandenberg, T., &amp; Pyl, L. (2020). BIM-based life cycle assessment and life cycle costing of an office building in Western Europe. <i>Building and Environment</i>, 169, 106568. <a href="https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106568">https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106568</a></p>
<p>Sidani, A., Dinis, F. M., Sanhudo, L., Duarte, J., Santos Baptista, J., Poças Martins, J., &amp; Soeiro, A. (2021). Recent Tools and Techniques of BIM-Based Virtual Reality: A Systematic Review. <i>Archives of Computational Methods in Engineering</i>, 28(2), 449–462. <a href="https://doi.org/10.1007/s11831-019-09386-0">https://doi.org/10.1007/s11831-019-09386-0</a></p>
<p>Sidani, A., Matoseiro Dinis, F., Duarte, J., Sanhudo, L., Calvetti, D., Santos Baptista, J., Poças Martins, J., &amp; Soeiro, A. (2021). Recent tools and techniques of BIM-Based</p>

<p>Augmented Reality: A systematic review. <i>Journal of Building Engineering</i>, 42, 102500. <a href="https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102500">https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102500</a></p>
<p>Tavares, P., Costa, C. M., Rocha, L., Malaca, P., Costa, P., Moreira, A. P., Sousa, A., &amp; Veiga, G. (2019). Collaborative Welding System using BIM for Robotic Reprogramming and Spatial Augmented Reality. <i>Automation in Construction</i>, 106, 102825. <a href="https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.04.020">https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.04.020</a></p>
<p>Tender, M., Couto, J. P., Lopes, C., Cunha, T., &amp; Reis, R. (2018). BIM (Building Information Modelling) as a prevention tool in the design and construction phases. In <i>Occupational Safety and Hygiene VI</i> (pp. 177–182). CRC Press. <a href="https://doi.org/10.1201/9781351008884-31">https://doi.org/10.1201/9781351008884-31</a></p>
<p>Vieira, R., Carreira, P., Domingues, P., &amp; Costa, A. A. (2020). Supporting building automation systems in BIM/IFC: reviewing the existing information gap. <i>Engineering, Construction and Architectural Management</i>, 27(6), 1357–1375. <a href="https://doi.org/10.1108/ECAM-07-2018-0294">https://doi.org/10.1108/ECAM-07-2018-0294</a></p>
<p>Vilas-Boas, J., Mirnoori, V., Razy, A., &amp; Silva, A. (2019). <i>Outlining a New Collaborative Business Model as a Result of the Green Building Information Modelling Impact in the AEC Supply Chain</i> (pp. 405–417). <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-030-28464-0_35">https://doi.org/10.1007/978-3-030-28464-0_35</a></p>
<p>Zardo, P., Ribeiro, L. A., &amp; Mussi, A. Q. (2019). Aplicações de BIM e Design Paramétrico Para Eficiência Energética Das Edificações: Uma Análise de Aplicações Práticas. <i>Arquitetura Revista</i>, 15(2). <a href="https://doi.org/10.4013/arq.2019.152.02">https://doi.org/10.4013/arq.2019.152.02</a></p>
<p><i>Ferramentas de comunicação usadas por equipes distribuídas em um projeto de aprendizagem BIM.</i> (n.d.). Retrieved March 3, 2022, from <a href="https://www.researchgate.net/publication/344041585_Communication_tools_used_by_distributed_teams_in_a_BIM_learning_project">https://www.researchgate.net/publication/344041585_Communication_tools_used_by_distributed_teams_in_a_BIM_learning_project</a></p>
<p>Carvalho, J. P., Villaschi, F. S., &amp; Bragança, L. (2021). Assessing Life Cycle Environmental and Economic Impacts of Building Construction Solutions with BIM. <i>Sustainability</i>, 13(16), 8914. <a href="https://doi.org/10.3390/su13168914">https://doi.org/10.3390/su13168914</a></p>
<p>Falcão, S. M., Salvado, F., Couto, P., Vale, E., &amp; Azevedo, A. (2017). <i>BIM and Cobie Integration for Structures Lifecycle Analysis</i>. Proceedings of the 7th International Conference on Mechanics and Materials in Design, Albufeira/Portugal 11-15 June 2017. Editors J.F. Silva Gomes and S.A. Meguid. Publ. INEGI/FEUP (2017). <a href="https://paginas.fe.up.pt/~m2d/Proceedings_M2D2017/data/papers/6929.pdf">https://paginas.fe.up.pt/~m2d/Proceedings_M2D2017/data/papers/6929.pdf</a></p>

<p>Martinho, H., Pereira, I., Feist, S. &amp; Leitão, A. (2020). <i>Integrated Algorithmic Design in Practice a Renovation Case Study</i>. ECAADE 2020: Anthropologic - Architecture And Fabrication In The Cognitive Age, VOL 1, 429 - 438.  <a href="http://papers.cumincad.org/data/works/att/ecaade2020_016.pdf">http://papers.cumincad.org/data/works/att/ecaade2020_016.pdf</a></p>
<p>Noack, F., Katranuschkov, P., Scherer, R., Dimitriou, S., Hassan, T., Ramos, N., Pereira, P., Malo, P., &amp; Fernando, T. (2016). <i>Technical Challenges and Approaches to Transfer Building Information Models to Building Energy</i>. ECPPM 2016: CRC Press, 355-362, Agosto 2016. <a href="https://docentes.fct.unl.pt/pmrp/publications/technical-challenges-and-approaches-transfer-building-information-models-building-">https://docentes.fct.unl.pt/pmrp/publications/technical-challenges-and-approaches-transfer-building-information-models-building-</a></p>
<p>Rzhvskiy, A., Bil, E., Witeck, G., Aquere, A., Lima, R., Granja, J., &amp; Azenha, M. (2020). <i>Communication Tools Used by Distributed Teams in a BIM Learning Project</i>. International Symposium on Project Approaches in Engineering Education, 424 – 431.  <a href="https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/69007/1/2020%20_conf%20PAE_E_ALE_BIM.pdf">https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/69007/1/2020%20_conf%20PAE_E_ALE_BIM.pdf</a></p>
<p>Samec, V., Lopes, N., &amp; Strekelj, G. (2019). <i>Successfulness of BIM application – reality or wishful thinking?</i> 1830–1835. <a href="https://doi.org/10.2749/newyork.2019.1830">https://doi.org/10.2749/newyork.2019.1830</a></p>
<p>Sampaio, A. Z. (2019). <i>Analysis of BIM methodology implementation in structure projects</i>. 192–199. <a href="https://doi.org/10.2749/guimaraes.2019.0192">https://doi.org/10.2749/guimaraes.2019.0192</a></p>
<p>Soares, J., Marques, H., Oliveira, J., &amp; Araújo, A. (2019). <i>BIM Practical Application - New bugesera international airport (Rwanda)</i>. 290–296.  <a href="https://doi.org/10.2749/guimaraes.2019.0290">https://doi.org/10.2749/guimaraes.2019.0290</a></p>
<p>Sousa, H. S., Sguazzo, C., &amp; Cabaleiro, M. (2019). <i>Use of BIM in Rehabilitation and Assessment of The Built Heritage: from the visible to the intangible</i>.</p>
<p>Salvado, F., João, F. S. M., Couto, P., Vale, E., &amp; Azevedo, A. (2015). <i>Seismic Rehabilitation of Buildings Standardization of Information for BIM. M2D2015: Proceedings Of The 6th International Conference on Mechanics and Materials in</i></p>



*Design*. 1397-1398. <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000378595500247>

Hjelseth, E., Meda, P. (2016). *Is BIM Based Product Documentation Based on Applicable Principles practical Use in Norway and Portugal*. *Ework and Ebusiness in Architecture, Engineering and Construction*. 399-407.  
<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000404459600049>

Leitão, A., Branco, R., & Cardoso, C. (2017). *Algorithmic Based Analysis Design and Analysis in a Multi Backend Generative Tool*. *Proceedings of the 22nd International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA 2017): Protocols, Flows and Glitches*. 137-146.  
<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000426884800013>

## ANEXO 2: AMOSTRA FINAL - RCAAP

<b>Lista de Referências Bibliográficas - RCAAP</b>
Almeida, B. B. de. (2018). <i>Aplicação do BIM-FM em um edifício retrofit</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Ramo de Gestão da Construção, Insituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto]. <a href="http://hdl.handle.net/10400.22/14291">http://hdl.handle.net/10400.22/14291</a>
Almeida, M. R. B. de. (2015). <i>Análise da interoperabilidade aplicada ao projeto BIM de Estruturas Metálicas Tecnologia BIM aplicada ao Projeto de Estruturas Metálicas</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Ramo das Construções Mecânicas, Insituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto]. <a href="https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/7339">https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/7339</a>
Araújo, F. G. de. (2016). <i>Joana Filipa Gon ç alves de Ara ú jo Ferramentas BIM de Apoio à Gestão de Obra</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho]. <a href="http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/47016">http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/47016</a>
Barreiro, T. M. B. (2020). BIM na Construção e Manutenção de um Edifício [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho]. In <i>Engineering, Construction and Architectural Management</i> . <a href="http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/69807">http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/69807</a>
Brugnera, K. S. (2018). <i>Aplicação da metodologia BIM no projeto de estruturas</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Ramo de Estruturas, Insituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto]. <a href="https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/14303">https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/14303</a>
Caldeira, B. M. de J. M. (2018). <i>Building information modeling - Aptidão para o Futuro - proposta de um modelo no ensino da arquitetura</i> [Dissertação de Mestrado em Arquitetura, Universidade de Lisboa]. <a href="https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/18054">https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/18054</a>
Canivete, C. R. C. (2021). <i>Análise da Implementação do BIM na Indústria AECO em Angola</i> [Dissertação de Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis, Escola de Engenharia, Universidade do Minho]. <a href="https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/70337">https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/70337</a> [Accessed: January 2022]
Carreiró, D. C. (2018). <i>Aplicação da Metodologia BIM a um Caso de Estudo através do software Autodesk Navisworks</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil na Área de Especialização de Edificações, Instituto Politécnico de Lisboa]. <a href="https://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/8691">https://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/8691</a>

<p>Carvalho, J. P. A. (2016). <i>Reabilitação energética de edifícios anteriores a 1970 para atingir níveis de balanço energético quase nulo</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho]. <a href="http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/49839">http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/49839</a></p>
<p>Coelho, A. de C. C. (2020). <i>A utilização do BIM na análise da eficiência energética de edifícios: ferramentas e interoperabilidade</i> [Dissertação de Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis, Escola de Engenharia, Universidade do Minho]. <a href="http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/67090">http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/67090</a></p>
<p>Costa, H. A. S. da. (2017). <i>Planeamento e gestão de obras em microempresas</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiente, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Vianna do Castelo]. <a href="http://62.28.241.119/handle/20.500.11960/1889">http://62.28.241.119/handle/20.500.11960/1889</a></p>
<p>Costa, R. J. B. da. (2016). <i>Planeamento e controlo na gestão de riscos de projetos de construção com recurso a ferramentas BIM: aplicação a um caso de estudo</i>. [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho]. <a href="http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/48361">http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/48361</a></p>
<p>Costa, T. J. N. (2020). <i>Aplicação de Metodologias BIM/VR no Betão Pré-fabricado</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho]. <a href="http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/69789">http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/69789</a></p>
<p>El Sibaii, M. (2020). <i>Towards efficient BIM use of underground geotechnical data</i> (Issue July) [Dissertação de Mestrado em Sustainable Built Environment, Escola de Engenharia, Universidade do Minho]. <a href="http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/67181">http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/67181</a></p>
<p>Estrada, J. G. (2015). <i>Prevenção de riscos na fase de projeto com base na metodologia BIM</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade de Aveiro]. <a href="https://ria.ua.pt/handle/10773/17338">https://ria.ua.pt/handle/10773/17338</a></p>
<p>Fuzil, T. S. C. G. (2017). <i>Facility Management no Building Information Modelling</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Politécnico de Lisboa]. <a href="https://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/12468">https://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/12468</a></p>
<p>Geraldes, P. di L. (2014). <i>Implementação da metodologia BIM em um gabinete de estruturas</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Ramo de Estruturas, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto]. In <i>Tese de Mestrado</i>. <a href="https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/14170">https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/14170</a></p>

<p>Giollo, R. B. (2016). <i>Interoperabilidade entre modelos BIM e aplicação PRONIC: Reabilitação de um edifício público</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias]. In <i>Rehabend</i> (Vols. 2016-May). <a href="https://recil.ensinolusofona.pt/handle/10437/8338">https://recil.ensinolusofona.pt/handle/10437/8338</a></p>
<p>Gonçalves, I. F. do V. (2014). <i>Aplicação do BIM ao projeto de estruturas: Abordagem de programação ao processo de pormenorização de viagas de betão armado</i> [Dissertação de Mestrado em Construções Cívicas: Ramo de Estruturas na Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Viana do Castelo]. In <i>Tese de Mestrado</i>.</p>
<p>Junior, M. M. H. (2016). <i>BIM 4D e 5D - Planeamento e Orçamentação</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Ramo de Gestão da Construção, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto]. <a href="http://hdl.handle.net/10400.22/9915">http://hdl.handle.net/10400.22/9915</a></p>
<p>Lima, A. C. (2015). <i>Upgrade of an industrial building: BIM model of the as-built situation and evaluation of modifications</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho]. In <i>Remodelação de edifício industrial: modelo BIM da situação existente e avaliação de modificações</i> (Issue July).</p>
<p>Limas, D. A. landeira L. (2015). <i>Medições com recurso a modelos BIM: reabilitação de casa do séc. XIX</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade de Aveiro]. <a href="https://ria.ua.pt/handle/10773/17378">https://ria.ua.pt/handle/10773/17378</a></p>
<p>Lucas, A. de C. (2015). <i>A integração do Building Information Modeling ( BIM ) num projeto de Reabilitação</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho]. <a href="http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/40634">http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/40634</a></p>
<p>Marques, A. A. F. (2015). <i>Implementação de metodologias BIM na Direção de Engenharia de Barragens da EDP: Casos de estudo de projeto de estruturas em obras Hidroelétricas</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho]. In <i>Automation in Construction</i>. <a href="http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/40600">http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/40600</a></p>
<p>Matos, R. A. P. de. (2016). <i>BIM-aplicação do building information modeling, como um processo impulsionador de projetos de arquitetura</i> [Dissertação de Mestrado em Arquitetura, Escola de Comunicação, Arquitetura, Artes e Tecnologias da Informação, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias]. In <i>Dissertação de Mestrado - Universidade Lusófona de Humanidades e</i></p>
<p>Oliveira, J. T. F. (2016). <i>A utilização do BIM na otimização do planeamento operacional dos projetos e o seu contributo na organização</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho]. <a href="http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/48359">http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/48359</a></p>

<p>Pimenta, L. M. S. (2015). <i>Coordenação das MEP na implementação de modelos BIM</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho]. In <i>Universidade do Minho</i>.  <a href="http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/40523">http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/40523</a></p>
<p>Pina, H. R. M. (2015). <i>Metodologia BIM na gestão da manutenção de uma estação elevatória</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade de Aveiro]. <a href="https://ria.ua.pt/handle/10773/14955">https://ria.ua.pt/handle/10773/14955</a></p>
<p>Pinho, F. A. A. (2015). <i>Norma BIM Portuguesa</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Especialização de Construções, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra].  <a href="https://estudogeral.sib.uc.pt/handle/10316/38575">https://estudogeral.sib.uc.pt/handle/10316/38575</a></p>
<p>Pinto, R. A. G. (2019). <i>Utilização de Building Information Modelling na Gestão de Obras de Reabilitação de Edifícios: Casos se Estudo</i> [Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Bragança].  <a href="https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/20530">https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/20530</a></p>
<p>Poças, A. R. F. (2015). <i>Planeamento e controlo de projetos de construção com recurso ao BIM</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho]. <a href="http://hdl.handle.net/1822/40606">http://hdl.handle.net/1822/40606</a></p>
<p>Raposo, C. R. dos S. (2010). <i>Avaliação do Ciclo de Vida do reforço sísmico de estruturas pré-fabricadas de betão armado com recurso ao BIM</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade de Aveiro].  <a href="https://ria.ua.pt/handle/10773/27089">https://ria.ua.pt/handle/10773/27089</a></p>
<p>Reyes, N. H. (2020). <i>A dinâmica BIM na construção</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Construções Civas, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Leiria]. <a href="https://iconline.ipleiria.pt/handle/10400.8/5787">https://iconline.ipleiria.pt/handle/10400.8/5787</a></p>
<p>Rodrigues, J. P. P. (2016). <i>BIM no projeto e construção de estruturas metálicas: estabelecimento de manual de implementação e execução</i> Universidade do Minho Escola de Engenharia [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho].  <a href="http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/49087">http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/49087</a></p>
<p>Ruivo, C. C. G. P. R. (2019). <i>Bim como contributo para obras de habitação social</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Ramo de Estruturas, Insituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto].  <a href="https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/15735">https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/15735</a></p>

<p>Silva, A. C. M. da S. (2017). <i>BIM na Gestão de Obra: Digitalização 3D como Ferramenta integrada para o controlo do Planeamento e Orçamentação da Obra</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho]. <a href="http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/70564">http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/70564</a></p>
<p>Silva, A. F. Q. da. (2015). <i>Classificação e organização de objetos BIM e sua aplicação em modelos 4D e 5D</i> (Issue 1) [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho]. <a href="http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/40636">http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/40636</a></p>
<p>Silva, S. M. B. da. (2015). <i>A integração de técnicas BIM nos elementos de projeto de aplicação de sistemas de pré-esforço</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho]. <a href="http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/40584">http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/40584</a></p>
<p>Simões, F. B. B. (2020). <i>Automação da pormenorização de armaduras em bim e modelação numérica do emboquilhamento de um túnel</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Ramo de Estruturas, Insituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto]. <a href="https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/16780">https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/16780</a></p>
<p>Simões, R. J. A. (2018). <i>Análise da compatibilidade entre projetos de especialidades com recurso ao BIM</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, na área de Especialização de Edificações, Instituto Politécnico de Lisboa]. <a href="https://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/9620">https://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/9620</a></p>
<p>Dimovska, S. (2017). <i>BIM for Cultural Heritage Information Management</i> [Dissertação de Mestrado em Structural Analysis of Monuments and Historical Constructions, Escola de Engenharia, Universidade do Minho]. <a href="http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/49755">http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/49755</a></p>
<p>Sousa, A. L. R. (2016). <i>Aplicação da Metodologia BIM-FM a um caso prático</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Ramo de Gestão da Construção, Insituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto]. <a href="http://hdl.handle.net/10400.22/10827">http://hdl.handle.net/10400.22/10827</a></p>
<p>Teixeira, R. G. (2019). <i>Metodologías Bim Aplicadas En El Patrimonio</i> [Dissertação do Mestrado Integrado em Arquitectura e Urbanismo Escola Superior Gallaecia de Vila Nova de Cerveira]. <a href="https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/33319">https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/33319</a></p>
<p>Valente, N. M. dos S. (2019). <i>Gestão de Projetos vs Trabalho Colaborativo</i> [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade de Aveiro]. <a href="https://ria.ua.pt/handle/10773/29755">https://ria.ua.pt/handle/10773/29755</a></p>

Vaz, B. M. S. (2017). *Utilização do BIM na Otimização do Planeamento e Controlo das Construções* [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho].  
<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/70569>

Victor, M. J. R. (2018). *Desenvolvimento de um Modelo BIM: Estudo Prévio de uma Torre Habitacional em Odivelas* [Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Escola de Comunicação, Artes e Tecnologias da Informação, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias].  
<https://recil.ensinolusofona.pt/handle/10437/9023>

Mitina, T. (2016). *Development of engineering projects supported by BIM technology: internship report* [Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Construções, Instituto Politécnico de Leiria]. <http://hdl.handle.net/10400.8/2387>

Carvalho, L. F. de A.(2017). *BIM aplicado à gestão de projetos: análise das implicações financeiras (caso prático) da metodologia convencional versus metodologia BIM* [Dissertação de mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis, Universidade do Minho]. <https://hdl.handle.net/1822/56600>

Duarte, P. M. P. (2017). *Desenvolvimento de tecnologia de apoio à implementação de linhas de balanço no planeamento da construção* [Dissertação de mestrado em Engenharia Civil, Instituto Politécnico do Porto].  
<http://hdl.handle.net/10400.22/12161>