



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo**

**JOÃO ALBERTO DA MOTTA GASPAR**

**O SIGNIFICADO ATRIBUÍDO A BIM**  
**AO LONGO DO TEMPO**

**CAMPINAS**

**2019**

**JOÃO ALBERTO DA MOTTA GASPAR**

**O SIGNIFICADO ATRIBUÍDO A BIM  
AO LONGO DO TEMPO**

Dissertação de Mestrado apresentada a Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp, para obtenção do título de Mestre em Arquitetura, Tecnologia e Cidade, na área de Arquitetura, Tecnologia e Cidade.

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Regina Coeli Ruschel**

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELO ALUNO JOÃO ALBERTO DA MOTTA GASPAR, ORIENTADO PELA PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. REGINA COELI RUSCHEL.

ASSINATURA DA ORIENTADORA

---

**CAMPINAS**

**2019**

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura  
Rose Meire da Silva - CRB 8/5974

G213s Gaspar, João Alberto da Motta, 1976-  
O significado atribuído a BIM ao longo do tempo / João Alberto da Motta Gaspar. – Campinas, SP : [s.n.], 2019.

Orientador: Regina Coeli Ruschel.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Análise de dados. 2. Modelagem de informação da construção. I. Ruschel, Regina Coeli, 1958-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

**Título em outro idioma:** The meaning attributed to BIM over time

**Palavras-chave em inglês:**

Data analysis

Building information modeling

**Área de concentração:** Arquitetura, Tecnologia e Cidade

**Titulação:** Mestre em Arquitetura, Tecnologia e Cidade

**Banca examinadora:**

Regina Coeli Ruschel [Orientador]

Daniel de Carvalho Moreira

Monica Santos Salgado

**Data de defesa:** 22-08-2019

**Programa de Pós-Graduação:** Arquitetura, Tecnologia e Cidade

**Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)**

- ORCID do autor: <http://orcid.org/0000-0001-8601-9420>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/9745462238309062>

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E  
URBANISMO**

**O SIGNIFICADO ATRIBUÍDO A BIM AO LONGO DO TEMPO**

**João Alberto da Motta Gaspar**

**Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:**

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Regina Coeli Ruschel  
**Presidente e Orientadora**  
**Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP**

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Monica Santos Salgado  
**Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ**

Prof. Dr. Daniel de Carvalho Moreira  
**Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP**

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

Campinas, 22 de agosto de 2019

*ao seu Gaspar e dona Maria (in memoriam)  
à Malu, à Marina, ao Gabriel e a toda a minha família  
a todos os que participam ou já participaram da editora ProBooks e do TI Lab  
a todos os meus amigos*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à professora e orientadora Regina Coeli Ruschel pelos ensinamentos, dedicação e atenção, pelo convívio e amizade. Serei eternamente grato pelas aulas, conversas, almoços e por todas as oportunidades que tive, no ambiente acadêmico e fora dele, em aprender com você. Muito obrigado, sempre.

Agradeço aos professores da Pós-Graduação, principalmente ao Evandro, Gabi e Stelamaris. Agradeço aos colegas da Pós-Graduação, Fernanda, Caio, Rafael, Lucas, Giovanna, Paula e a todos do GMIC, e aos alunos da graduação que conheci durante o PED em 2017. Agradeço ao Eduardo e Rosana, em nome dos funcionários da FEC, que sempre foram atenciosos e prestativos.

Agradeço à toda a equipe do TI Lab e da ProBooks, à Natália, coordenadora, e aos que já estiveram com a gente, em especial ao amigo Alexandre. Agradeço aos alunos e clientes, que confiam em nossos cursos e livros.

Aos colegas da ABNT/CEE-134, aos amigos de São Paulo, de Cruzeiro, das bandas, de diferentes lugares e círculos, que torceram muito por mim.

À minha irmã, Maria Lúcia, pelo apoio e carinho, e aos meus sobrinhos Gabriel e Marina, e ao Vinícius. Ao meu tio D. Antonio e à toda família, por parte de pai e mãe.

Aos meus pais, professores Maria Motta Gaspar e Alberto Gaspar, que me educaram com amor e carinho e me incentivaram a entrar no Mestrado. Espero ter realizado um trabalho à altura do que me ensinaram. Quero crer que, de alguma forma, chegue a eles a notícia de que este estudo foi concluído com muito empenho e amor, em homenagem aos dois.

## RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi qualificar, temporal e referencialmente, a compreensão sobre os significados atribuídos ao termo *Building Information Modeling* e relacionados. O método da Revisão Sistemática da Literatura (RSL) estruturou o delineamento geral da pesquisa. O método da Análise Cienciométrica foi utilizado para produzir e analisar as amostras segundo as questões da RSL. As análises deram origem a resultados sintetizados e organizados em tabelas, gráficos de linhas e figuras produzidas com a técnica de mapeamento por visualização de similaridades. Foi constatado que são necessários três grupos para categorizar as compreensões relacionadas aos diferentes significados atribuídos a *Building Information Modeling* e termos relacionados ao longo do tempo: modelos, processos e sistemas. A análise dos resultados obtidos permitiu consolidar a percepção de que a evolução da tecnologia possibilitou ao termo *Building Information Modeling* alcançar todo o globo, se tornando presente em quase todas as áreas do conhecimento para o setor AECO, para a amostra deste estudo. Ao mesmo tempo, foi detectado crescimento em números absolutos da produção relacionada a *Computer-Aided Architectural Design* e *Virtual Design and Construction*, o que os qualifica como termos associados a BIM em atividade por esta pesquisa. Foi constatado que todas as definições propostas para *Building Information Model*, de 1989 a 2014, são semelhantes, o que indicou consenso entre pesquisadores a respeito do significado atribuído ao termo. Para os especialistas, estaria associado à produção de modelos para realizar diversas análises para todas as etapas do ciclo de vida de um empreendimento. Com relação a *Building Information Modeling*, verificou-se uma mudança na evolução do significado predominantemente atribuído ao termo, se deslocando do eixo tecnológico em direção à temas relacionados a processos e gestão de todas as atividades que estruturam o setor da construção civil. Identificou-se um significado latente a ser atribuído a BIM do ponto de vista da comunidade científica: a de que BIM é um termo utilizado para definir soluções arquitetônicas e de engenharia que tem por objetivo produzir dados de qualidade para que desenvolver projetos com excelente performance; em resumo, *Building Information Modeling define o processo de produção de dados para projetos de alta performance*. Desta forma, acredita-se que a contribuição do trabalho está em reunir quase a totalidade de artigos científicos publicados em periódicos de língua inglesa, entre 1964 e 2018, associados a BIM e termos correlatos, sintetizá-los e organizá-los temporalmente e por seu conteúdo, o que permitiu construir uma narrativa empírica que relaciona os desenvolvimentos realizados pelos pesquisadores às compreensões a respeito dos significados atribuídos aos termos resultando em uma definição atualizada.

**Palavras-chave:** BIM; *Building Information Modeling*; Revisão Sistemática da Literatura; Análise Cienciométrica; Pesquisa histórica.

## ABSTRACT

*The purpose of this research was to qualify, over time and through references, the understanding of the meanings attributed to the term Building Information Modeling and others related. The Systematic Literature Review (SLR) method structured the general outline of the research. The Scientometric Analysis method was used to produce and analyze the samples according to SLR questions. The analyzes yielded results synthesized and organized in tables, line graphs and figures produced with the similarity visualization mapping technique. It was found that three groups are needed to categorize understandings related to the different meanings attributed to Building Information Modeling and related terms over time: models, processes, and systems. The analysis of the obtained results led to the consolidation of the understanding that the evolution of technology enabled the term Building Information Modeling to reach the entire globe, becoming present in almost all areas of knowledge for the AECO sector, for the sample of this study. At the same time, growth in absolute numbers was detected in the production related to Computer-Aided Architectural Design and Virtual Design and Construction, which qualifies them as active BIM-associated terms by this research. It was found that all definitions proposed for Building Information Model from 1989 to 2014 are similar, which indicated consensus among researchers about the meaning attributed to the term. For experts, it would be associated with the production of models to perform various analyzes for all stages of a project's life cycle. Regarding Building Information Modeling, there was an evolution of the meaning predominantly attributed to the term, moving from the technological axis towards the themes related to processes and management of all activities that structures the construction sector. A latent meaning has been identified to be attributed to BIM from the point of view of the scientific community: that BIM is a term used to define architectural and engineering solutions that aims to produce quality data to develop projects with excellent performance. In short, **Building Information Modeling would define the data production process for high performance projects**. Thus, it is believed that the contribution of the work is to gather almost all scientific articles published in English-language journals, between 1964 and 2018, associated with BIM and related terms, to synthesize and organize them temporally and by their content, which allowed the construction of an empirical narrative that relates the developments made by the researchers to the understanding of the meanings attributed to the terms resulting in an updated definition.*

**Keywords:** BIM; Building Information Modeling; Systematic Review; Scientometric Analysis; Historical Research.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- AECO – Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO)
- ARPA – *Advanced Research Projects Agency*
- AIA – *American Institute of Architects*
- BIM – *Building Information Modeling*
- bSa – *buildingSMART alliance*
- CAD – *Computer-Aided Design*
- CAE – *Computer-Aided Engineering*
- CAE – *Computer-Aided Manufacturing*
- CDE – *Common Data Environment*
- CIB W78 – *Council for Research and Innovation in Building Construction, Working Commission 78*
- CSI – *Construction Specifications Institute*
- GIS – *Geographic information system*
- GMIC - Grupo de Modelagem da Informação e Colaboração Digital na Arquitetura, Engenharia e Construção
- GT – *Grounded Theory*
- KBE – *Knowledge-Based Engineering*
- KM – *Knowledge Management*
- NIBS – *National Institute of Building Sciences*
- NSF – *National Science Foundation*
- PED – Programa de Estágio Docente
- PLM – *Project Lifecycle Management*
- PPGATC – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Tecnologia e Cidade
- RSL – Revisão Sistemática da Literatura
- SASE – *Standards Analysis, Synthesis and Expression*
- S&P – *Standard and Poor's*
- SIGraDI – Sociedade Ibero-americana de Gráfica Digital
- TLA – *Three-letter Acronym*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Delineamento macro da pesquisa.....	62
Figura 2: Visão macro do protocolo RSL.....	63
Figura 3: Estratégia para a obtenção de amostras e produção de material para análise .....	69
Figura 4: Processo de obtenção da amostra relacionada às referências bibliográficas mais antigas e mais citadas .....	75
Figura 5: Processo de verificação a respeito do termo Integrated Product Model .....	76
Figura 6: Linha do tempo esquemática .....	92
Figura 7: Quantidade de referências que apresentam os termos pesquisados ao longo dos anos.....	93
Figura 8: Quantidade de referências que apresentam os termos pesquisados ao longo dos anos – de 1965 até 1984 .....	94
Figura 9: Quantidade de referências que apresentam os termos pesquisados ao longo dos anos – entre 1985 a 2000.....	94
Figura 10: Quantidade de referências que apresentam os termos pesquisados ao longo dos anos – entre 2001 e 2008.....	95
Figura 11: Quantidade de referências que apresentam os termos pesquisados ao longo dos anos – entre 2009 e 2018.....	95
Figura 12: Quantidade de referências que apresentam os termos pesquisados ao longo dos anos – visualização com normalização a 100% .....	97
Figura 13: Visão esquemática do processo de avaliação da compreensão.....	99
Figura 14: Rede das 50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a BIM, por cluster .....	103
Figura 15: Rede das 50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a BIM, por ano.....	104
Figura 16: Rede das 50 palavras mais utilizadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a BIM, por cluster .....	105
Figura 17: Rede das 50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a CAAD, por cluster.....	114

Figura 18: Rede das 50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a CAAD, por ano .....	115
Figura 19: Rede das 50 palavras mais empregadas pelos autores nos títulos e resumos das referências da amostra relacionada a CAAD, por cluster .....	116
Figura 20: Rede das 50 palavras mais empregadas pelos autores nos títulos e resumos das referências da amostra relacionada a CAAD, por ano.....	117
Figura 21: Mapa das 12 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Building Description System, por cluster .....	120
Figura 22: Mapa das 12 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Building Description System, por ano .....	121
Figura 23: Rede das 26 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a BDPS, por cluster.....	122
Figura 24: Rede das 26 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a BDPS, por ano.....	123
Figura 25: Mapa das 50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Building Design System, por cluster .....	127
Figura 26: Mapa das 50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Building Design System, por ano.....	128
Figura 27: Rede das 26 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a BDPS, por cluster.....	129
Figura 28: Rede das 26 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Building Design System, por ano .....	130
Figura 29: Mapa das 14 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Integrated Building Model, por cluster.....	132
Figura 30: Mapa das 14 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Integrated Building Model, por ano.....	133
Figura 31: Rede das 19 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Integrated Building Model, por cluster .....	133

Figura 32: Rede das 19 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Integrated Building Model, por ano.	134
Figura 33: Rede das 50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Data Design Model, por cluster.....	137
Figura 34: Mapa com as 50 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Design Data Model, por ano	138
Figura 35: Rede das 45 palavras mais empregadas nos títulos e resumos nas referências da amostra relacionada a Data Design Model, por cluster .....	139
Figura 36: Rede das 45 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Design Data Model, por ano.....	140
Figura 37: Rede das 15 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Building Product Model, por cluster .....	143
Figura 38: mapa das 15 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Building Product Model, por ano .....	144
Figura 39: Rede das 40 palavras mais empregadas pelos autores nos títulos e resumos das referências da amostra relacionada a BPM, por cluster .....	145
Figura 40: Rede das 40 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Building Product Model, por ano .....	145
Figura 41: Mapa das 25 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Integrated Product Model, por cluster .....	149
Figura 42: Mapa das 25 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Integrated Product Model, por ano .....	150
Figura 43: Rede das 50 palavras mais empregadas pelos autores nos títulos e resumos das referências da amostra relacionada a Integrated Product Model, por cluster .....	151
Figura 44: Rede das 40 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Integrated Product Model, por ano..	151
Figura 45: Rede das 25 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Computer-Aided Building Design, por cluster.....	156

Figura 46: Rede com as 25 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Computer-Aided Building Design, por ano .....	157
Figura 47: Rede das 30 palavras mais empregadas pelos autores nos títulos e resumos das referências da amostra relacionada a Computer-Aided Building Design, por cluster .....	158
Figura 48: Rede das 30 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Computer-Aided Building Design, por ano.....	158
Figura 49: Mapa com as 12 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Automated Building Design, por cluster	164
Figura 50: Mapa com as 12 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Automated Building Design, por ano .....	165
Figura 51: Mapa com as 9 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Automated Building Design, por cluster .....	165
Figura 52: Mapa com as 9 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Automated Building Design, por ano .....	166
Figura 53: Mapa das 29 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Parametric Building Model, por cluster.....	170
Figura 54: Mapa com as 29 palavras-chave mais utilizadas pelos autores, para Parametric Building Model, por ano .....	171
Figura 55: Rede das 20 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Parametric Building Model, por cluster .....	172
Figura 56: Rede das 20 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Parametric Building Model, por ano	172
Figura 57: Rede com as 25 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Virtual Design and Construction, por cluster .....	177

Figura 58: Rede com as 25 palavras-chave mais utilizadas pelos autores na amostra relacionada a Virtual Design and Construction, por ano .....	178
Figura 59: Rede das 45 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Virtual Design and Construction, por cluster .....	179
Figura 60: Rede das 45 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Integrated Design Model, por ano....	179
Figura 61: Linha do tempo para visualização-síntese da evolução dos termos e compreensões .....	185
Figura 62: Mapa das 24 palavras-chave com pelo menos uma co-ocorrência entre 1965 e 1984 .....	188
Figura 63: Rede das 50 palavras mais empregadas entre 1965 e 1984, por cluster ....	189
Figura 64: Rede das 50 palavras mais empregadas entre 1965 e 1984, por ano.....	190
Figura 65: Rede com as 50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências entre 1985 e 2000, por cluster .....	194
Figura 66: Rede com as 50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências entre 1985 e 2000, por ano .....	195
Figura 67: Rede das 50 palavras mais empregadas nos títulos e resumos entre 1985 e 2000, por cluster .....	196
Figura 68: 50 palavras mais empregadas nos títulos e resumos entre 1985 e 2000, por ano.....	197
Figura 69: Rede com as 50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências entre 2001 e 2008, por cluster .....	202
Figura 70: Rede com as 50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências entre 2001 e 2008, por ano .....	203
Figura 71: Rede das 50 palavras mais empregadas nos títulos e resumos entre 2001 e 2008, por cluster .....	204
Figura 72: Rede das 50 palavras mais empregadas nos títulos e resumos entre 2001 e 2008, por ano .....	205
Figura 73: Rede 50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências entre 2009 e 2018, por cluster .....	209

Figura 74: Rede das 50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências entre 2009 e 2018, por ano.....	210
Figura 75: Rede 50 palavras mais empregadas nos títulos e resumos entre 2001 e 2008, por cluster .....	211
Figura 76: Rede das 50 palavras mais empregadas nos títulos e resumos entre 2001 e 2008, por ano .....	212

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Termos e acrônimos, referências e categorias relacionadas .....	38
Quadro 2: Resultados sobre "history of BIM", realizada no Google em 7 de maio de 2017 .....	38
Quadro 3: Termos de controle para dar suporte à pesquisa .....	41
Quadro 4: Termos de referência testados para dar suporte à pesquisa.....	42
Quadro 5: Usos de BIM de acordo com CIC-PSU (2011) .....	44
Quadro 6: Usos de BIM, segundo Kreider e Messner (2013).....	46
Quadro 7: Lista de usos do modelo por domínio .....	48
Quadro 8: Categorias e sub e subcategorias propostas por Santos, Costa e Grilo (2017) .....	55
Quadro 9: Resumo das informações obtidas a partir da leitura das revisões críticas sobre BIM.....	59
Quadro 10: Avaliação das características técnicas das bases de dados .....	65
Quadro 11: Avaliação das características relevantes das bases de dados para a condução da RSL .....	65
Quadro 12: Totalização dos pontos e consolidação da ordem das bases de dados .....	65
Quadro 13: Critérios para a inclusão de fontes .....	65
Quadro 14: Critérios para a exclusão de fontes.....	66
Quadro 15: Comparação das aplicações dos diferentes métodos quantitativos de análise.....	72
Quadro 16: Protocolo para a obtenção da amostra de referências bibliográficas relevantes por referências co-citadas .....	76
Quadro 17: Protocolo para a obtenção de dados sobre referências bibliográficas com mais citações por país.....	77
Quadro 18: Protocolo para a obtenção de dados sobre referências bibliográficas com mais citações por organização .....	77
Quadro 19: Protocolo para a obtenção de dados sobre as palavras-chave mais utilizadas.....	78
Quadro 20: Protocolo para a obtenção de dados sobre as palavras de uso mais frequente .....	79

Quadro 21: Referências bibliográficas relacionadas aos termos listadas por critério de antiguidade.....	81
Quadro 22: Referências relacionadas aos termos e listadas por critério de mais citadas .....	83
Quadro 23: Referências relacionadas por intervalo de tempo e listados por critério antiguidade.....	83
Quadro 24: Referências bibliográficas relacionadas por intervalo de tempo e listados por critério de mais citadas .....	84
Quadro 25: Referências mais co-citadas para a análise dos significados atribuídos aos termos.....	85
Quadro 26: Referências mais co-citadas para a análise da evolução do corpo de conhecimento .....	85
Quadro 27: Ranking de países que tem mais citações para seu conjunto de referências, por intervalo de tempo .....	87
Quadro 28: Ranking de países que tem mais citações para pelo menos uma referência, por termo .....	87
Quadro 29: Quantidade de termos encontrados entre as palavras-chave por intervalo de tempo e faixas de co-ocorrência .....	88
Quadro 30: Quantidade de termos encontrados entre as palavras empregadas em títulos e resumos .....	88
Quadro 31: Comparativo de quantidade de termos encontrados .....	90
Quadro 32: Termos, ano de surgimento e frequência de uso.....	98
Quadro 33: Figuras resultantes do processo de análise do termo Building Information Modeling.....	108
Quadro 34: Termos, ano de surgimento, relação com a definição mais antiga para Building Information Modeling e status de uso .....	182
Quadro 35: Termos, categorias relacionadas e avaliação da evolução .....	183
Quadro 36: Comparativo entre a amostra de palavras-chave relacionadas a BIM e a amostra para todos os termos entre 2009 e 2018.....	213

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Amostra bruta de fontes para os termos em cada base.....	67
Tabela 2: Composição da amostra de fontes para os termos em cada base com eliminação de duplicados dentro de cada base.....	67
Tabela 3: Composição da amostra de registros sem duplicação entre bases.....	68
Tabela 4: Composição da amostra de registros únicos, sem registros duplicados entre termos e bases de dados .....	68
Tabela 5: Qtd. de países com determinado nº de citações para suas referências, para cada termo .....	86
Tabela 6: Qtd. de países com mais citações para referências, por faixa de citações e por intervalo de tempo .....	87
Tabela 7: Qtd. de registros com os termos, em números abs., agrupados em períodos de 6 anos.....	96
Tabela 8: Quantidade de registros que apresentam os termos, agrupados em períodos de 6 anos e comparados proporcionalmente (em %) por período .....	97
Tabela 9: Quantidade de definições encontradas, por categorias e intervalos de tempo .....	184

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>21</b>
1.1	PROBLEMA .....	24
1.2	JUSTIFICATIVA E PRESSUPOSTOS.....	27
1.3	OBJETIVOS.....	28
1.4	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	29
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>31</b>
2.1	<i>BUILDING INFORMATION MODELING</i> .....	31
2.1.1	Significados contemporâneos de referência .....	32
2.1.2	Termos e significados como referência do ponto de vista histórico.....	38
2.1.3	Obtenção dos termos de referência para a pesquisa nas bases de dados .....	41
2.1.4	Usos BIM de referência .....	42
2.2	REVISÕES CRÍTICAS SOBRE BIM.....	49
<b>3</b>	<b>REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.....</b>	<b>61</b>
3.1	DEFINIÇÃO DA AMOSTRAS.....	62
3.2	ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA .....	70
3.2.1	Protocolos usados para produzir as amostras resultantes.....	73
3.2.2	Amostras resultantes.....	79
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>91</b>
4.1	A EVOLUÇÃO DOS TERMOS NO TEMPO .....	91
4.2	COMPREENSÃO DOS SIGNIFICADOS ATRIBUÍDOS AOS TERMOS .....	98
4.2.1	Building Information Model (1992) e Modeling (2004).....	99
4.2.2	Computer-Aided Architectural Design (1974).....	112
4.2.3	Building Description System (1975) .....	119
4.2.4	Building Design System (1975) .....	125
4.2.5	Integrated Building Model (1980).....	131
4.2.6	Design Data Model (1982) .....	135
4.2.7	Building Product Model (1989).....	141
4.2.8	Integrated Product Model (1989) .....	147
4.2.9	Computer-Aided Building Design (1991).....	154
4.2.10	Integrated Design Model (1992).....	160
4.2.11	Automated Building Design (1994) .....	162
4.2.12	Parametric Building Model (2001).....	168
4.2.13	Virtual Design and Construction (2004) .....	174
4.2.14	Síntese da evolução dos termos e compreensões associadas.....	182

4.3	A EVOLUÇÃO DO CORPO DE CONHECIMENTOS E SUA RELAÇÃO COM BIM .....	186
4.3.1	Entre 1965 a 1984 .....	186
4.3.2	Entre 1985 a 2000 .....	192
4.3.3	Entre 2001 a 2008 .....	199
4.3.4	Entre 2009 a 2018 .....	207
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>217</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>227</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O termo *Building Information Model* surgiu em 1989, no relatório “*An Object-Oriented Environment for Representing Building Design and Construction Data*” (GARRETT JR; BASTEN; BRESLIN, 1989). De acordo com o documento, à época, um *Building Information Model* seria um modelo

“capaz de identificar os objetos físicos (geometria, localização e material) que o constituem, como se encaixam em sistemas funcionais dentro do edifício, como seus atributos são influenciados pela sua forma e por outros sistemas, e de quais espaços abstratos (salas, andares etc.) eles são parte” (GARRETT JR; BASTEN; BRESLIN, 1989, p. 6, tradução nossa).

Na mesma época, outros termos eram utilizados para dar significado semelhante àquele atribuído ao *Building Information Modeling* de 1989, como *Building Product Model* (BJÖRK, 1989) e *Integrated Product Model* (ARAI; IWATA, 1988). As publicações que faziam uso destes termos citavam outros trabalhos que, por sua vez, utilizavam termos diferentes para fazer referência à mesma temática: *Computer-Aided Architectural Design* (EASTMAN, 1974), *Building Design System* (LESNIAK; GRODZKI; WINIARSKI, 1975) e *Building Description System* (EASTMAN, 1976) são alguns exemplos.

Na década de 1990, Van Nederveen e Tolman (1992) e Rivard, Fenvez e Gomez (1995; 1996) fazem uso de *Building Information Model* em suas publicações. O significado atribuído ao termo, nestes casos, é o mesmo atribuído por Garret Jr., Basten e Breslin (1989).

O termo *Building Information Modeling* aparece pela primeira vez como título de um *white paper* da Autodesk (2002). No corpo do texto, percebe-se que o termo a ser trabalhado pela empresa era *Building Information Modeling Solutions* e variações terminadas em *Tools* e *Applications*, com 31 ocorrências; o termo *Building Information Modeling* tem 7 ocorrências, descontados títulos e subtítulos. Esta observação é importante, pois neste documento a atribuição de significado é dirigida ao termo *Building Information Modeling Solutions* e variações, e não a *Building Information*

*Modeling*, apenas. De acordo com Autodesk (2002), uma *Building Information Modeling Solution*

“deve ser capaz de criar e operar bancos de dados digitais, permitindo a colaboração entre projetistas; fazer a gestão de alterações em todos os bancos de dados, de modo que uma mudança em qualquer parte seja propagada de forma coordenada em todas as outras; e capturar e preservar informações para serem utilizadas por outros aplicativos específicos do setor” (tradução nossa).

Em dezembro de 2002, Jerry Laiserin, arquiteto e especialista em tecnologia aplicada à construção civil, publica o artigo *Comparing Pomes and Naranjas* (LAISERIN, 2002), em que propõe a adoção do termo *Building Information Modeling* pela indústria, para identificar a “próxima geração de *softwares* para projetar” (LAISERIN; 2002, tradução nossa). No mesmo documento, Laiserin afirma entender que o termo é adequado, pois a palavra *Building* consegue abrigar os conceitos de projeto, construção e operação; o uso da palavra *Information* sugere que os programas sejam utilizados para produzir dados além das geometrias; *Modeling*, para o autor, é uma palavra que carrega em si a fundamentação para a representação de processos de simulação e gestão das informações da construção.

Desta forma, observa-se que Laiserin (2002) atribui dois significados ao mesmo termo: o primeiro significado atribuído tem semelhança com a definição de Autodesk (2002), enquanto o segundo entendimento é um dos precursores do significado atribuído a *Building Information Modeling* mais utilizado pela academia e pela indústria. De acordo com Eastman et al. (2008), o termo *Building Information Modeling* dá sentido a um conjunto articulado de processos que tem por finalidade proporcionar a produção, comunicação e análise de modelos de construção.

Além das definições apresentadas acima, com ênfase em tecnologia (AUTODESK, 2002) ou em processos (EASTMAN et al., 2008), é possível afirmar que existem outras, cunhadas pela academia, indústria, entidades de classe, governos etc. Há, também, diferentes definições de acordo com a região geográfica, o país ou mesmo com o idioma utilizado por quem cria o significado. Portanto, é possível supor que, ao dar início a qualquer trabalho relacionado a BIM, o responsável pela coordenação das atividades determine qual definição sobre o termo *Building Information Modeling*

será utilizada e torne esta decisão explícita para todos os participantes do projeto, de forma a criar um consenso sobre o significado atribuído ao termo. Do contrário, sem uma declaração explícita a respeito de qual será o significado atribuído ao termo *Building Information Modeling*, por parte de quem contrata, para referência de contratação de projetos e serviços de um empreendimento, podem ocorrer divergências nos esforços e problemas relacionados ao formato, conteúdo e qualidade dos produtos entregues.

O acrônimo BIM surge em Laiserin (2002) associado ao termo *Building Information Modeling*; no trecho do documento em que o acrônimo foi utilizado pela primeira vez, o autor argumentava não ter compromisso com o uso de termos e acrônimos cunhados por fabricantes (portanto, de uso exclusivo destes) e, portanto, se sentia confortável em utilizar *Building Information Modeling* ou BIM.

Os primeiros trabalhos acadêmicos que utilizam o termo *Building Information Modeling* e o acrônimo BIM foram publicados em 2003: Ibrahim, Krawczyk e Schipporiet (2003), em setembro; Eastman, Sacks e Lee (2003) e Ibrahim e Krawczyk em outubro e Johnson e Laepple no mês de dezembro. Os artigos de Ibrahim, Krawczyk e Schipporiet (2003), Eastman, Sacks e Lee (2003) e Ibrahim e Krawczyk (2003) citam Autodesk (2002). O artigo de Laiserin (2002) é citado na bibliografia de Eastman, Sacks e Lee (2003) e é mencionado no corpo do texto em Johnson e Laepple (2003).

O acrônimo BIM, portanto, surgiu associado ao termo *Building Information Modeling* e, como seria de se esperar, houve uma associação imediata de BIM ao termo *Building Information Model* nos documentos orientados à indústria da construção civil. Mesmo que se imagine que a ocorrência da associação de um acrônimo a mais de um termo seja um fenômeno bastante comum, optou-se por realizar uma breve investigação sobre o assunto. Para verificar se tal suspeita se confirmava, foi realizada uma consulta ao site *Acronym Finder*, especialista em catalogar acrônimos e termos relacionados: identificou-se a existência de 61 termos relacionados ao acrônimo BIM, utilizados em diversas áreas do conhecimento, como *Big Idea Mastermind*, *Built in Monitoring*, *Business Integration Manager*, *British Institute of Management*, entre outros

(ACRONYM FINDER, 2019). O resultado desta consulta indicou que a associação de um acrônimo a mais de um termo é algo comum; portanto, esta questão passou a ser levada em consideração nesta pesquisa.

Ao se ampliar a investigação a respeito de acrônimos para outras áreas das ciências, foi observado que o BIM pode ser categorizado como um acrônimo de três letras (*three-letter acronym*, ou TLA, em inglês). Os TLAs começaram a ser assim reconhecidos pela literatura das ciências sociais no final da década de 70 (LEVY JR, 1975) e a compreensão sobre a importância a se atribuir significados corretos a estes começou a ser evidenciada em algumas publicações das ciências biológicas (SEAVEY; RAVEN, 1977; WEBER, 1982). Percebeu-se que o problema relacionado à atribuição de significado a um determinado TLA de modo implícito, por parte do interlocutor, quando este faz uso do acrônimo, é identificado em diversas áreas das ciências, assim como ocorre em nossa área de estudo.

É possível afirmar que o acrônimo BIM e os termos *Building Information Model* e *Building Information Modeling* tem suas origens relacionadas a outros termos e acrônimos, registrados pela literatura desde meados da década de 70, evoluindo até o final dos anos 2000. Ao longo dos anos, e de acordo com o interlocutor, o termo *Building Information Modeling* recebeu diferentes atribuições de significado; a falta de clareza, por parte de quem contrata um serviço ou realiza um trabalho, a respeito de qual significado atribuído a *Building Information Modeling* e, por extensão, ao acrônimo BIM, aos parceiros, colegas ou contratados, pode trazer diversos problemas à execução dos trabalhos e produção de resultados, como será apresentado na próxima seção.

## 1.1 PROBLEMA

A seguir é apresentado um caso em que podem ser percebidos problemas na qualidade dos resultados devido à falta de um significado atribuído de forma clara ao termo *Building Information Modeling*, por parte dos responsáveis, aos participantes.

Em 2014 o relatório *The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets* (BERNSTEIN et al., 2014) foi publicado pela empresa de consultoria S&P Global (à época, McGraw Hill Financial). O propósito do relatório, conforme consta em sua introdução, seria revelar

“o valor relacionado ao BIM percebido pela indústria da construção em nove dos maiores mercados da construção no mundo: Austrália/Nova Zelândia, Brasil, Canadá, França, Alemanha, Japão, Coreia do Sul, Estados Unidos e Reino Unido. O relatório oferece insights, tanto globalmente quanto mercado a mercado, a respeito do perfil de quem está utilizando o BIM, os benefícios e o retorno sobre o investimento derivados de seus investimentos em BIM, e qual a participação do BIM em suas atividades e práticas mais críticas. Avaliações específicas das respostas, por região, também fornecem base para o conhecimento a respeito do uso atual do BIM e seu futuro potencial no mundo todo” (tradução nossa).

Segundo a empresa, os dados apresentados pelo relatório evidenciam o nível de adoção de BIM por contratantes nos países estudados, nas mais diferentes circunstâncias. Ao se realizar a leitura do documento, não foi encontrada nenhuma definição para o termo *Building Information Modeling* ou para o acrônimo BIM, seja na introdução ou na seção que trata da metodologia utilizada para conduzir a pesquisa. A metodologia de pesquisa utilizada foi do tipo *survey*. De acordo com os autores do trabalho, o questionário da *survey* foi enviado a contratantes que “usam BIM, segundo eles mesmos” (tradução nossa). Uma vez que: a) podem existir diferentes significados atribuídos a BIM, e que b) a empresa que organizou a pesquisa não indicou um significado de referência, é possível concluir que c) cada participante da pesquisa, ao preencher o questionário, atribuiu o significado que desejou ao acrônimo BIM. A partir destas constatações, foi possível levantar algumas questões:

- Que significado cada participante da *survey* teria atribuído ao acrônimo BIM? Seriam muito diferentes entre si, ou não?
- Uma vez que todas as respostas sobre adoção e uso de BIM tiveram origem em diferentes visões e em significados auto atribuídos pelos próprios respondentes, e ainda que a *survey* tenha sido conduzida da maneira mais adequada possível, os dados produzidos pela pesquisa seriam confiáveis?
- Não seria interessante, portanto, que a pesquisa fosse fundamentada em um determinado significado de BIM de referência?

Uma vez que as questões levantadas acima não são respondidas no documento (BERNSTEIN et al., 2014), algumas informações trazidas pelo relatório podem dar margem a mais de uma interpretação, sem que esta fosse a intenção. Como exemplo, é possível citar o que ocorre com a figura apresentada na página 10, que exibe uma comparação entre diversos países e qual o nível de adoção de BIM em cada um deles. Nela, o Brasil aparece com 24% de empresas que tem um nível “alto ou muito alto” de adoção de BIM em 2013 passando para 73% em 2015. Portanto, respondentes brasileiros afirmam que, em um intervalo de dois anos, o número de empresas que teriam um nível de adoção muito alto de BIM iria triplicar. Os respondentes da Coreia do Sul, por sua vez, afirmam que seu país tinha 23% das empresas em um nível alto ou muito alto em 2013 e que a expectativa para 2015 seria 52%, quantidade muito inferior à declarada pelos brasileiros.

Observando-se as respostas, poderíamos questionar:

- Seriam os brasileiros muito otimistas e os sul-coreanos muito realistas?
- Seriam os brasileiros muito mais inovadores e os sul-coreanos muito conservadores?
- Uma vez que o significado atribuído ao acrônimo BIM foi auto atribuído, como seria possível comparar o entendimento a respeito do que seja nível muito alto de adoção de BIM entre brasileiros e sul-coreanos?

Como é possível perceber, tais respostas só poderiam começar a ser ensaiadas, no contexto desta pesquisa, caso o significado atribuído ao acrônimo BIM não fosse de responsabilidade dos próprios respondentes. Sendo assim, a falta de um significado de referência para o termo *Building Information Modeling* ou seu acrônimo BIM pode comprometer a produção de dados no início de qualquer trabalho, colocando em xeque a credibilidade dos resultados que serão produzidos e apresentados ao final do processo.

Como forma de facilitar a leitura deste trabalho, optou-se por, deste ponto em diante, utilizar apenas o termo *Building Information Modeling* em todo o texto, mesmo quando a pesquisa se refere ao termo e ao acrônimo BIM. Quando o texto da pesquisa fizer referência a *Building Information Model*, ou quando o acrônimo BIM for utilizado em relação à variação *Model*, e não a *Modeling*, tais ocorrências serão explicitadas, pois tratar-se-ão de exceções.

## 1.2 JUSTIFICATIVA E PRESSUPOSTOS

A partir da apresentação do problema, percebe-se que o uso do termo *Building Information Modeling*, desacompanhado de um significado atribuído a este, em pesquisas científicas, de mercado, contratos, normas e outros tipos de documentos pode causar uma série de inconvenientes entre as partes interessadas.

Existem diversos significados atribuídos a *Building Information Modeling*, criados por pesquisadores, organizações, empresas etc., ao longo do tempo. Alguns podem ser anacrônicos, outros podem estar muito à frente do nosso tempo. Algumas definições podem representar *Building Information Modeling* de maneira correta, mas não estão alinhadas aos objetivos dos parceiros do empreendimento, enquanto outras podem estar em concordância com as intenções do grupo que irá trabalhar em conjunto. Uma vez que a quantidade de significados atribuídos é bastante variada, é possível considerar até mesmo a possibilidade de existirem definições incompletas ou incorretas.

As boas práticas recomendam que as partes envolvidas no desenvolvimento de qualquer trabalho relacionado a *Building Information Modeling* determinem o escopo a respeito de uso de BIM desejado, quais os entregáveis e quais os procedimentos para o controle de qualidade e validação do trabalho executado em BIM, em um documento denominado Plano de Execução BIM (CIC-PSU, 2011). Desta forma, existem compreensões e significados orientando o desenvolvimento de contratos, fato que contribui para a convergência de entendimentos diversos sobre o significado atribuído ao termo.

Assim, a grande quantidade de significados atribuídos a *Building Information Modeling* é produto natural da ação de diversos agentes, que utilizam o termo para abrigar suas compreensões acerca do uso das tecnologias digitais para projetar, construir, manter e operar qualquer ambiente construído pelo homem.

Justifica-se, portanto, realizar uma pesquisa para identificar, contextualizar e relacionar os diferentes significados atribuídos a *Building Information Modeling* ao longo do tempo.

Os pressupostos elencados a seguir são o ponto de partida para o desenvolvimento da pesquisa, uma vez que estruturam os objetivos específicos a serem alcançados:

- A. A origem do termo *Building Information Modeling* pode estar relacionada a termos precursores que tem significados semelhantes. Portanto, acredita-se ser importante identificar as denominações que deram origem ao termo *Building Information Modeling* e em que sequência surgiram.
- B. É possível que existam definições contemporâneas ou posteriores a *Building Information Modeling*, e será necessário identificá-las.
- C. Para interpretar e comparar tendências relacionadas aos significados atribuídos a *Building Information Modeling*, assim como a termos relacionados, será necessário categorizá-los. Esta classificação poderá ser estruturada a partir da interpretação de significados e tendências em definições contemporâneas de referência para *Building Information Modeling*.

### 1.3 OBJETIVOS

O objetivo desta pesquisa foi qualificar, temporal e referencialmente, a compreensão sobre os significados atribuídos ao termo *Building Information Modeling* e relacionados. Os objetivos específicos envolvem:

1. Descobrir quantos e quais são os termos que precederam, surgiram na mesma época ou depois do termo *Building Information Modeling* com significado semelhante.
2. Desenvolver uma linha do tempo para explicitar em que sequência tais termos surgiram.
3. Identificar a frequência de uso dos termos ao longo do tempo.
4. Agrupar e classificar os termos semelhantes a *Building Information Modeling* e os significados atribuídos a estes.
5. Listar os significados atualmente atribuídos de forma predominante ao termo *Building Information Modeling*.
6. Organizar sistematicamente dados de referências bibliográficas, permitindo que pesquisadores e interessados possam realizar compreensões e interpretações a respeito dos diversos significados atribuídos a *Building Information Modeling*.

A contribuição do trabalho está em explicitar o conhecimento sobre o tema desta forma, permitindo interpretações contextualizadas de modo justificado e transparente.

## 1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação foi estruturada em cinco capítulos.

O **Capítulo 1** apresenta a Introdução, o Problema, a Justificativa e Pressupostos, os Objetivos específicos e a Estrutura da Dissertação.

O **Capítulo 2** contém a Fundamentação Teórica, dividida em duas partes: a primeira traz uma discussão sobre *Building Information Modeling*, fundamentando termos e conceitos que serão usados em toda a pesquisa. A segunda seção apresenta Revisões críticas sobre BIM. O propósito foi investigar como os trabalhos estudados foram

estruturados por seus autores, para obter mais informações qualificadas de modo a subsidiar a fundamentação da metodologia a ser utilizada nesta pesquisa.

No **Capítulo 3**, denominado Revisão Sistemática da Literatura, apresenta o método científico do trabalho, começando pelo delineamento metodológico macro da pesquisa. Em seguida, o processo de Definição das Amostras é explicitado, com a descrição do protocolo da RSL. A parte final do capítulo descreve como a Análise Cienciométrica foi utilizada na produção dos dados analisados, de acordo com as questões estabelecidas no delineamento da pesquisa. Também, nesta seção, são apresentadas as amostras que subsidiam as análises.

O **Capítulo 4** exhibe os Resultados e Discussões, onde são apresentados os produtos da análise das amostras, sob a forma de figuras, tabelas e descrições, e são expostas as discussões e reflexões a respeito dos resultados. Este capítulo é dividido em quatro partes. A seção A Evolução dos termos no tempo traz os resultados das análises que comparam a evolução do uso dos termos ao longo dos anos. A segunda parte, Compreensão dos significados atribuídos aos Termos, exhibe como estes significados foram encontrados, quais são eles e qual a relação entre as definições encontradas e a definição de referência para *Building Information Modeling*. A terceira seção, A evolução do corpo de conhecimentos e sua relação com BIM, traz as análises sobre a evolução da produção acadêmica sobre o corpo de conhecimentos relacionado a tecnologias digitais para o setor AECO, englobando todos os termos pesquisados.

O **Capítulo 5** apresenta a Conclusão, onde são apresentadas as análises que sintetizam os achados e realizadas as considerações que verificam se estes estão em alinhamento com os pressupostos e os objetivos de pesquisa, os pontos em concordância, se existiram discordâncias e se houveram achados não previstos, mas que resultam em contribuição. São apresentados quadros teóricos que sistematizam os achados, relacionadas as limitações da pesquisa e indicadas algumas sugestões para novos estudos.

O material utilizado na pesquisa está disponível em <https://sites.google.com/view/osignificadodebim>.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os dois eixos que estruturam a fundamentação para esta pesquisa: a seção 2.1 reúne o referencial teórico adotado sobre *Building Information Modeling*, com o propósito de identificar e declarar quais são os significados de referência para a condução da pesquisa, e a seção 2.2 apresenta pesquisas que tiveram por objetivo fazer revisões críticas sobre o entendimento de BIM.

### 2.1 BUILDING INFORMATION MODELING

Para estruturar o processo de investigação, fez-se necessário determinar os significados atribuídos ao termo *Building Information Modeling* como referência para a condução da pesquisa, conforme o argumento disposto na página 14 deste trabalho.

Como forma de classificar os resultados da busca preliminar pelos significados de referência, optou-se por elaborar postulados que auxiliam nesta tarefa, ao mesmo tempo em que estão em alinhamento com os objetivos específicos a serem alcançados:

- I. Existem definições atribuídas ao termo *Building Information Modeling* que refletem, por parte de seus autores, um amadurecimento a respeito de sua compreensão a partir do eixo Tecnologia-Processos, dando origem a definições que **expandem** o uso do termo e do acrônimo para além dos domínios estritamente computacionais e tecnológicos relacionados ao setor da construção civil, levando-os até os limites dos **processos de gestão** de negócios e da indústria da inovação; e
- II. Existem outros significados que indicam uma **especificação** do entendimento do termo *Building Information Modeling* sob a ótica das etapas do ciclo de vida de um empreendimento (projeto, construção e operação). Nestas definições há predominância de um

significado atribuído ao termo e ao acrônimo com viés atrelado ao **uso de modelos** digitais de uma construção, de acordo com os objetivos de cada agente; a partir desta compreensão, conceitos ligados a processos, políticas e inovação entram de modo coadjuvante na construção do significado atribuído ao termo e ao acrônimo.

Sendo assim, foi determinado que seriam dois os tipos de significados de referência a serem estabelecidos para esta pesquisa. Um deles é o contemporâneo, a ser escolhido entre alguns dos que constam em referências bibliográficas reconhecidas pela comunidade acadêmica e mercado, que apresentam significados atribuídos aos termos *Building Information Modeling*, *Building Information Model* ou do acrônimo BIM. O outro é o significado de referência a ser utilizado para delimitar o processo de pesquisa histórica. Os dois tipos de significados de referência (históricos e contemporâneos) poderiam, portanto, ser classificados de acordo com os postulados I (processos de gestão) e II (uso de modelos) apresentados acima, com o propósito de auxiliar o processo de análise da compreensão dos significados atribuídos aos termos.

### 2.1.1 Significados contemporâneos de referência

O livro *BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors* (EASTMAN et al., 2008) é tido como uma das principais referências pela academia e mercado, e apresenta diversas definições sobre o significado de BIM. Dentre todas as que constam deste livro, a mais citada por outros pesquisadores afirma que *Building Information Modeling* pode ser entendido como “uma tecnologia de modelagem associada a um conjunto de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção” (EASTMAN et al., 2008, p. 13, tradução nossa).

Percebe-se, nesta frase, que o significado atribuído ao termo remete a processos mediados por uma “tecnologia de modelagem”, indicando que os autores orientam o uso de *Building Information Modeling* para dar sentido a conjuntos de atividades e

processos de trabalho que ultrapassam os limites da descrição de procedimentos técnicos e computacionais relacionados ao uso de programas ou à produção de modelos tridimensionais com informações.

Com o propósito de verificar esta percepção, foi adotado o pressuposto sugerido na introdução desta pesquisa, ou seja, foi procurada a primeira definição acerca de *Building Information Modeling* que consta em Eastman et al. (2008), para saber se esta orientaria todas as outras. Observou-se que a primeira atribuição de significado a *Building Information Modeling* de Eastman et al. (2008) reforça o entendimento a respeito da definição na p. 13, como pode ser observado aqui:

“Ao longo deste livro, nós usamos, intencional e consistentemente, o acrônimo BIM para descrever uma atividade (significando *Building Information Modeling*) e não para descrever um objeto (significando *Building Information Model*). Isto reflete nossa crença de que BIM não é uma coisa, nem um tipo de software; é uma atividade humana que, em última instância, envolve amplas mudanças no processo de construção” (EASTMAN et al., 2008, p. vii, tradução nossa).

Deste modo, observa-se que os autores desenvolveram definições para *Building Information Modeling* que se amparam na ampliação do entendimento do significado para além do objeto modelado e, portanto, estão alinhadas ao postulado I.

Verifica-se também que a principal definição sobre BIM cunhada por aqueles autores, qual seja “uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção”, é construída a partir de um enquadramento teórico proposto a partir da primeira definição que aparece no livro e que foi apresentada acima.

A *buildingSMART alliance* (bSa) faz parte, como conselho, do *National Institute of Building Sciences* (NIBS), e é encarregada de promover a normalização de BIM nos Estados Unidos<sup>1</sup>. Em 2007, a bSa, em parceria com o *American Institute of Architects* (AIA) e o *Construction Specifications Institute* (CSI), com a chancela do NIBS, publicaram a primeira norma BIM norte-americana, o *United States National*

---

<sup>1</sup> A explicação sobre como funciona a estrutura de normalização para construção civil nos Estados Unidos está em <https://www.nibs.org/page/councils>.

*Building Information Modeling Standard - Version 1 - Part 1 (VIP1): Overview, Principles and Methodologies* (NIBS, 2007). No início do capítulo 2, o texto afirma que “os termos *Building Information Model* e *Building Information Modeling* são frequentemente usados de forma intercambiável” (NIBS, 2007, p. 17, tradução nossa). Não fica claro, contudo, se os autores concordam com o uso intercambiável dos termos. Entretanto, em todo o restante do documento, os autores adotam o termo *Building Information Model* e abandonam a terminologia *Modeling*.

Percebe-se que toda as definições e especificações que emergem do texto dizem respeito a BIM como representante do termo *Building Information Model*, designando um produto, fruto de um processo de modelagem. Este entendimento se materializa na definição apresentada a seguir (NIBS, 2007, p. 21), que é a mais citada, deste documento, por outros pesquisadores ao se referir àquele texto:

“Um BIM é a representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação predial e, como tal, serve como recurso de conhecimento compartilhado para dar informações sobre aquela, de forma a ser uma base confiável para que se tomem decisões durante seu ciclo de vida, desde a concepção do empreendimento até sua demolição” (NIBS, 2007, p. 21, tradução nossa).

No glossário daquele documento, a definição sobre *Building Information Model* é expandida:

“Uma premissa básica do BIM está em permitir a colaboração entre as diferentes partes interessadas nas diferentes fases do ciclo de vida da instalação predial, com o propósito de inserir, extrair, atualizar ou modificar informações, de forma que o processo baseado em BIM forneça subsídios para que cada parte interessada exerça seu papel” (NIBS, 2007, p. 149, tradução nossa).

Esta definição se refere ao processo de criação de “um BIM”, ou seja, de produto na forma de um modelo de informação de uma edificação. No entanto, é possível encontrar, nela, conceitos que auxiliam esta pesquisa na compreensão da evolução do significado do conceito de BIM de acordo com o postulado II. Ainda, no glossário, os autores apresentam uma definição sobre *Building Information Modeling* que deixa muito evidente a intenção da norma norte-americana em propor um significado especificamente atrelado ao conceito de modelo digital orientado ao uso.

*“Building Information Modeling é o ato de criar um modelo eletrônico de uma instalação predial com os seguintes objetivos: visualizá-lo, analisá-lo do ponto de vista da engenharia, realizar análises de conflito de geometrias, promover checagens de regras, fornecer informações para a engenharia de custos produzir estimativas e orçamentos, criar um modelo as-built, dentre outros usos” (NIBS, 2007, p. 150, tradução nossa).*

O entendimento de BIM pelos autores daquele documento, portanto, tem relação estreita com a produção de modelos digitais da construção e aos processos que organizam, de modo direto, esta produção. É possível perceber que o significado atribuído ao acrônimo BIM e ao termo *Building Information Model*, naquele contexto, estão em conformidade com o postulado II desta pesquisa.

O portal *BIM Dictionary* foi idealizado pelo pesquisador Bilal Succar e recebe contribuições de diversos pesquisadores de todo o mundo. Trata-se de uma das mais confiáveis fontes de informação sobre BIM depois da produção acadêmica formal.

A seguinte definição foi encontrada para o termo *Building Information Modeling*, que aparece grafado com duas letras “I”, como se escreve na Austrália, país onde Succar reside e trabalha:

*“Building Information Modelling (BIM) é um conjunto de tecnologias, processos e políticas que permitem que as várias partes interessadas participem, de forma colaborativa, do projeto, construção e operação de uma instalação predial no espaço virtual. Como um termo, o BIM cresceu muito ao longo dos anos e é agora a expressão atual da inovação digital em toda a indústria da construção” (BIM DICTIONARY, 2019a, tradução nossa).*

O verbete apresentado pelos autores oferece dois significados para *Building Information Modeling*. Na primeira frase aparece uma explicação que é uma evolução da definição de Succar (2009):

*“Building Information Modelling (BIM) is a set of interacting policies, processes and technologies generating a “methodology to manage the essential building design and project data in digital format throughout the building’s life-cycle” (SUCCAR, 2009, p. 357).*

Esta definição (SUCCAR, 2009a), por sua vez, reinterpreta e amplia a definição de Penttilä (2006):

*“Building product modelling, product data modelling or building information modelling (BIM) is a methodology to manage the essential building design and project data in digital format throughout the building’s life-cycle” (PENTTILÄ, 2006, p. 403).*

Observa-se, portanto, que a definição de BIM DICTIONARY (2019a), assim como a de Succar (2009), apresentam uma orientação ao eixo Tecnologias-Processos-Políticas.

A seguir, na segunda sentença da definição de BIM DICTIONARY (2019a), afirma-se que houve uma ampliação do significado atribuído a *Building Information Modeling*, como se pudesse ser utilizado para abrigar tudo o que for produzido como inovação na construção civil. Este entendimento sobre o termo *Building Information Modeling* aparece pela primeira vez em Succar e Kassem (2015):

*“Building information modelling (BIM) is the current expression of construction industry innovation, a set of technologies, processes and policies, affecting industry's deliverables, relationships and roles” (SUCCAR; KASSEM, 2015, p. 64).*

Desta forma, observa-se que tais definições estão alinhadas ao postulado I desta pesquisa.

No portal *BIM DICTIONARY* foi encontrada uma definição para *Building Information Model*; o termo é grafado pelos colaboradores, em todo o portal, como *BIModel*:

*“Building Information Model (BIModel) é o modelo digital 3D, baseado em objetos e rico em dados, gerado por um participante do projeto usando um software BIM” (BIM DICTIONARY, 2019b, tradução nossa).*

Percebe-se, portanto, que os colaboradores do *BIM Dictionary* entendem que os termos *Building Information Modeling* e *Building Information Model* têm significados diferentes, assim como Eastman et al. (2008) e NIBS (2007). Nota-se, porém, que o significado atribuído ao termo *Building Information Modeling*, em *BIM Dictionary* (2019), tem um caráter muito mais amplo e abrangente para a construção civil do que o atribuído por NIBS (2007), que o entende como sendo o “ato de produzir um *Building Information Model*”.

As diferentes definições para os termos *Building Information Model*, *Building Information Modeling* e o acrônimo BIM apresentadas nesta seção, junto às definições apresentadas na Introdução, compõem as **definições BIM de referência** para esta pesquisa. Os significados atribuídos a *Building Information Model* e *Building Information Modeling*, nesta seção, foram categorizados como forma de organizar os resultados, como definições orientadas ao postulado I, relacionado a **processos**, como

Eastman et al. (2008, p. 13), ou ao postulado II, ligado a **modelos**, como em NIBS (2007, p. 21).

Foi observado que, na Introdução deste trabalho, Autodesk (2002) associa a *Building Information Modeling Solutions* um significado que faz referência a sistemas computacionais que dão suporte à modelagem, onde o indicador *Solutions* foi utilizado para destacar este viés tecnológico, conforme explicitado pelos autores no *white paper* (AUTODESK, 2002). Assim, percebeu-se que o significado atribuído a *Building Information Modeling* por Autodesk (2002) não se enquadra às definições orientadas a **processos** (postulado I) ou **modelos** (postulado II). Desta forma, considerou-se que Autodesk (2002) apresentou uma definição BIM de referência, orientada a **sistemas**, que não se enquadra nos postulados I e II. Este *achado não-previsto*, portanto, se tornou o terceiro *postulado* desta pesquisa, descrito abaixo:

- III. Existem definições atribuídas ao termo *Building Information Modeling* que refletem, por parte de seus autores, um significado relacionado à criação e utilização de **sistemas** computacionais que auxiliam o desenvolvimento de projetos, disponibilizando aos usuários ferramentas que os incentivam, ou induzem, a projetar com o método de modelagem orientada a objetos. Tais elementos (componentes, produtos e espaços, entre outros), criados tridimensionalmente, são utilizados para representar o ambiente construído.

O Quadro 1 apresenta os termos e acrônimos, referências e categorias relacionadas; as linhas destacadas em cinza evidenciam os termos de referência para cada categoria, o que não impediu que, circunstancial e contextualmente, outro termo de referência também tenha sido utilizado na etapa de análise das amostras e apresentação de resultados.

**Quadro 1: Termos e acrônimos, referências e categorias relacionadas**

Termos e acrônimos	Referência	Categoria
Building Information Modeling (BIM)	Eastman et al. (2008, p. vii e p. 13)	Processos
Building Information Modelling (BIM)	Penttilä (2006, p. 64)	Processos
Building Information Modelling (BIM)	Succar (2009, p. 357)	Processos
Building Information Modelling (BIM)	Succar e Kassem (2015, p. 64)	Processos
Building Information Model (BIM)	NIBS (2007, p. 21, p. 149)	Modelos
Building Information Modeling (BIM)	NIBS (2007, p. 150)	Modelos
Building Information Modelling (BIM)	BIM Dictionary (2019a)	Processos
BIModel	BIM Dictionary (2019b)	Modelos
Building Information Model (BIM)	Garret Jr., Basten e Breslin (1989, p. 6)	Modelos
Building Information Modeling Solutions (BIMS)	Autodesk (2002)	Sistemas
Building Information Modeling (BIM)	Laiserin (2002)	Sistemas e Processos

**Fonte: O autor.**

### 2.1.2 Termos e significados como referência do ponto de vista histórico

Com o propósito de encontrar um significado de referência a ser utilizado para delimitar o processo de pesquisa histórica, foi realizado um levantamento com a máquina de busca do Google utilizando-se a sentença "*history of BIM*". O Quadro 2 aponta os primeiros resultados encontrados.

**Quadro 2: Resultados sobre "history of BIM", realizada no Google em 7 de maio de 2017**

Data de publicação e autor	Link
7/12/2012, Michael S Bergin (via Vanessa Quirk)	<a href="http://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim">http://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim</a>
22/03/2017, Thomas Goubau	<a href="http://www.aproplan.com/blog/construction-collaboration/a-history-of-bim">http://www.aproplan.com/blog/construction-collaboration/a-history-of-bim</a>
2/12/2012, Michael S Bergin	<a href="http://archinect.com/archlab/history-of-bim">http://archinect.com/archlab/history-of-bim</a>
7/5/2017, autor não identificado	<a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Building_information_modeling">https://en.wikipedia.org/wiki/Building_information_modeling</a>
20/03/2017, autor não identificado	<a href="http://www.digitalschool.ca/history-bim">http://www.digitalschool.ca/history-bim</a>
6/6/2012, Laurie Jimenez	<a href="https://www.randgroup.com/insights/bim-overview-building-information-modelling-part-ii/">https://www.randgroup.com/insights/bim-overview-building-information-modelling-part-ii/</a>
21/11/2011, Megan Smith	<a href="http://www.brunerCorp.com/blog/index.php/2011/11/a-brief-look-into-the-history-of-bim-technology/">http://www.brunerCorp.com/blog/index.php/2011/11/a-brief-look-into-the-history-of-bim-technology/</a>
25/05/2017, autor não identificado	<a href="http://aecomag.com/59-features/1352-celebrating-the-history-of-bim">http://aecomag.com/59-features/1352-celebrating-the-history-of-bim</a>
06/2014, Aryani Ahmad Latiffi, Juliana Ibrahim, Mohamad Syazli Fathi	<a href="http://www.academia.edu/8554458/The_Development_of_Building_Information_Modelling_BIM_Definition">http://www.academia.edu/8554458/The_Development_of_Building_Information_Modelling_BIM_Definition</a>
10/09/2015, autor não identificado	<a href="http://www.indovance.com/brief-history-bim/">http://www.indovance.com/brief-history-bim/</a>
10/02/2017, autor não identificado	<a href="https://www.exactal.com/en/company/blog/if-bims-a-mystery-heres-the-history/">https://www.exactal.com/en/company/blog/if-bims-a-mystery-heres-the-history/</a>
21/08/2011, Michael S Bergin	<a href="http://www.architectureresearchlab.com/ar/2011/08/21/bim-history/">http://www.architectureresearchlab.com/ar/2011/08/21/bim-history/</a>

**Fonte: O autor.**

Após avaliação dos resultados encontrados, percebeu-se que a maior parte dos textos era uma adaptação (ou cópia, com citação expressa ou não) de um artigo do arquiteto Michael Bergin, mestre em *Computational Design* pela *University of California* em

Berkeley e professor da mesma instituição entre 2011 e 2015. A reincidência da fonte foi considerada um indício da relevância da publicação (BERGIN, 2012a).

Foi possível constatar que, entre os artigos e referências bibliográficas lidos a partir desta busca, Bergin (2012) é o único que justifica seu ponto referencial sobre as origens do BIM a partir de um método que pode ser reproduzido, qual seja, a extração de significado de um termo a partir da leitura e interpretação da definição dada por seu autor. Em artigo postado em seu blog, o autor afirma que:

*"The conceptual underpinnings of the BIM system go back to the earliest days of computing. As early as 1962, Douglas C. Engelbart gives us an uncanny vision of the future architect in his paper Augmenting Human Intellect" (BERGIN, 2012).*

O trecho do trabalho de Engelbart, citado por Bergin, é este:

*"... the architect next begins to enter a series of specifications and data - a six-inch slab floor, twelve-inch concrete walls eight feet height within the excavation, and so on. When he has finished, the revised scene appears on the screen. A structure is taking shape. He examines it, adjusts it... These lists grow into an ever-more detailed, interlinked structure, which represents the maturing thought behind the actual design" (ENGELBART, 1962, p. 5).*

Ao apresentar o trabalho de Engelbart, pesquisador de Stanford (pioneiro da computação moderna e referência para outros precursores da computação aplicada a projetos, como Ivan Sutherland), Bergin termina por extrair os termos que subsidiam sua pesquisa histórica sobre BIM, e que tem seus significados em acordo com os atribuídos ao termo *Building Information Modeling* apresentados na seção anterior:

- a. projeto orientado a objetos (*object-based design*);
- b. manipulação paramétrica (*parametric manipulation*); e
- c. bancos de dados relacionais (*relational database*).

A partir de então, Bergin começa a relatar sua versão da história do BIM, utilizando Eastman et al. (2008) de onde foi extraído o significado contemporâneo de referência.

Ao se realizar a leitura de Engelbart (1962), observa-se que o autor propõe o uso do termo *Design Manual* para identificar o processo de produção automatizada de projetos que descreve. Na mesma sentença em que Engelbart sugere o uso de *Design*

*Manual*, o termo *Building Design* também é utilizado, e os conceitos de informações associadas, comunicação integrada, benefícios para os agentes estão todos presentes:

*“All of this information (the building design and its associated “thought structure”) can be stored on tape to represent the “design manual” for the building. Loading this tape into his own “clerk”, another architect, a builder, or the client can maneuver within this “design manual” to pursue whatever details or insights are of interest to him - and can append special notes that are integrated into the “design manual” for his own or someone elses later benefits” (ENGELBART, 1962, p. 6).*

Comparando a definição contemporânea de referência escolhida, de Eastman et al. (2008, p. 13) com a descrição do processo de produção automatizada de projetos feita por Engelbart em 1962, *foi possível perceber que os dois pesquisadores apresentam entendimento semelhante sobre o fato de que a associação entre tecnologias e processos é o marco de um novo paradigma na forma de projetar, mesmo que entre os textos tenham se passado 46 anos.* Tal similaridade também foi levada em consideração para validar o entendimento de Bergin sobre o texto de Engelbart como marco inicial relacionado ao desenvolvimento de todo o corpo de conhecimento que, hoje em dia, identificamos pelo termo *Building Information Modeling*.

Portanto, para esta pesquisa, o documento a ser adotado como ponto de partida histórico é Engelbart (1962). Os termos de referência são *Design Manual* e *Building Design*, de Engelbart (1962, p. 6) e *Object-based Design, Parametric Manipulation* e *Relational Database*, extraídos por Bergin (2012) a partir de Engelbart (1962, p. 4 a 6).

Os termos e significados contemporâneos e históricos de referência são identificados, neste texto, como termos de controle, conforme apresentado no Quadro 3.

**Quadro 3: Termos de controle para dar suporte à pesquisa**

Termo	Referência	função no contexto da pesquisa
<b>Building Information Modeling</b>	Eastman et al. (2008, p. 13)	Termo contemporâneo de referência para a categoria <b>Processos</b> (Postulado I).
<b>Building Information Model</b>	NIBS (2007, p. 21, p. 149)	Termo contemporâneo de referência para a categoria <b>Modelos</b> (Postulado II).
<b>Building Information Modeling Solutions (BIMS)</b>	Autodesk (2002)	Termo contemporâneo de referência para a categoria <b>Sistemas</b> (Postulado III).
<b>Building Design</b>	Engelbart (1962, p. 6)	Termo histórico de referência, categoria <b>Modelos</b> (Postulado I) que delimita o período da pesquisa.
<b>Design Manual</b>	Engelbart (1962, p. 6)	Termo histórico de referência, categoria <b>Processos</b> (Postulado II), que delimita o período da pesquisa.
<b>Object-based Design</b>	Bergin (2012)	Termo da categoria <b>Modelos</b> (Postulado II) sugerido por Bergin (2012) a partir de Engelbart (1962), considerado como termo controle do ponto de vista histórico.
<b>Parametric Manipulation</b>	Bergin (2012)	Termo da categoria <b>Sistemas</b> (Postulado III) sugerido por Bergin (2012) a partir de Engelbart (1962), considerado como termo controle do ponto de vista histórico.
<b>Relational Database</b>	Bergin (2012)	Termo da categoria <b>Sistemas</b> (Postulado III) sugerido por Bergin (2012) a partir de Engelbart (1962), considerado como termo controle do ponto de vista histórico.

**Fonte: O autor.**

### 2.1.3 Obtenção dos termos de referência para a pesquisa nas bases de dados

Depois de definidos os termos de controle, teve início a etapa de levantamento preliminar de termos relacionados a *Building Information Modeling* entre 1962 e 2018. Os termos de controle serviram para delimitar o período a ser pesquisado e para fundamentar as primeiras decisões a respeito da aprovação dos termos encontrados nesta etapa, para que fossem levados à etapa da Revisão Sistemática da Literatura.

Os primeiros termos relacionados a *Building Information Modeling* encontrados nesta etapa foram extraídos, também, de Bergin (2012): *Building Model*, *Building Description System*, *Virtual Building*, *Parametric Building Model* e *Integrated Model*.

A seguir, foram realizadas as leituras das referências citadas por Bergin (2012): Bozdoc (2003), Khemlani (2004c), Swarts (2004), Eastman et al. (2008, p. xi), Eastman (2009), Malek (2012) e Tammik (2012). Os termos extraídos destas leituras foram *Building Modeling*, *Modeling Building Information*, *Building Product Model*, *Integrated Product Model*, *Design Data Model* e *Computer-Aided Architectural Design*. Outras buscas, realizadas utilizando estes termos, fizeram com que mais termos fossem

encontrados: *Automated Building Design*, *Building Design System*, *Computer-Aided Building Design*, *Design Computation*, *Integrated Building Model*, *Integrated Design Model*, *Virtual Building Design* e *Virtual Design and Construction*.

O Quadro 4 apresenta a lista preliminar de termos encontrados. No mesmo quadro, são destacados quais termos foram rejeitados nesta etapa preliminar, quais os aprovados para a etapa da Revisão Sistemática da Literatura (KITCHENHAM, 2004), e as razões para a aceitação ou rejeição.

**Quadro 4: Termos de referência testados para dar suporte à pesquisa**

Termo	Aprovado para RSL?	Motivo da aprovação ou rejeição
Building Information Modeling (BIM)	Sim	É o termo principal
Automated Building Design (ABD) Building Design System (BDGS) Building Description System (BDPS) Building Product Model (BPM) Computer-Aided Architectural Design (CAAD) Computer-Aided Building Design (CABD) Design Data Model (DDM) Integrated Building Model (IBM) Integrated Design Model (IDM) Integrated Product Model (IPM) Parametric Building Model (PBM) Virtual Design and Construction (VDC)	Sim	Possuem semelhança de significado com os termos de controle, do ponto de vista de uma análise preliminar; os resultados de buscas preliminares indicam que um número razoável de documentos, com escopo alinhado aos objetivos da pesquisa, poderá ser encontrado e classificado utilizando o método da Revisão Sistemática da Literatura.
Building Design Building Model Building Modeling Design Computation Design Manual Integrated Model Modeling Building Information Object-based Design Parametric Manipulation Relational Database Virtual Building Virtual Building Design	Não	Os resultados das buscas atendem a muitas áreas de pesquisa. Dificuldade de se restringir o escopo à área de interesse

**Fonte: O autor.**

#### 2.1.4 Usos BIM de referência

As referências a seguir foram utilizadas para coletar dados a respeito dos usos, ou propósitos BIM, para que pudessem servir de suporte à pesquisa: (i) o guia *Project Execution Planning Guide*, por CIC-PSU (2011), o (ii) guia *The Uses of BIM*, por Kreider e Messner (2013) e o (iii) artigo *Model uses: foundations for a modular requirements clarification language*, por Succar, Saleeb e Sher (2016).

O *Project Execution Planning Guide* (CIC-PSU, 2011) é uma das principais referências em guias que orientam a implementação de BIM no desenvolvimento de projetos. De acordo com os autores, o propósito do guia é o de:

“...orientar proprietários, gerentes do empreendimento e os primeiros participantes do projeto por meio de um processo estruturado para desenvolver um planejamento consistente e detalhado” (CIC-PSU, 2011, p. 2, tradução nossa).

O significado adotado para *Building Information Modeling* naquela referência é de autoria de *National Institute of Building Sciences* (2007, p. 150), o qual dá um sentido estreitamente relacionado ao ato de produzir um modelo digital de uma construção e que já foi analisado nesta pesquisa. Para definir o potencial da adoção de BIM, seria preciso que a equipe que coordena o projeto do empreendimento determine que objetivos BIM fazem parte do escopo. Estes devem ser mensuráveis do ponto de vista do empreendedor e das equipes de projetistas. Seria possível, então, identificar os usos de BIM específicos para o desenvolvimento do empreendimento (CIC-PSU, 2011).

O guia define o termo *BIM use* como “uma tarefa ou procedimento em um projeto, que pode se beneficiar com a integração de BIM neste processo” (CIC-PSU, 2011, p. 4, tradução nossa). São apresentados 25 usos que, segundo os autores, não compreendem todos os conhecidos, mas são uma boa representação para orientar a construção civil. O Quadro 5 apresenta a relação de usos de BIM por CIC-PSU(2011).

**Quadro 5: Usos de BIM de acordo com CIC-PSU (2011)**

FASES	ETAPAS	Plan	Design	Construct	Operate
Existing Condition Modeling					
Cost Estimation					
Phase Planning					
Programming					
Site Analysis					
Design Authoring					
Design Review					
Structural Analysis					
Lighting Analysis					
Energy Analysis					
Mechanical Analysis					
Other Engineering Analysis					
Sustainability Evaluation					
Code Validation					
3D Coordination					
Site Utilization Planning					
Construction System Design					
Digital Fabrication					
3D Control and Planning					
Record Modeling					
Maintenance Scheduling					
Building System Analysis					
Asset Management					
Space Management					
Disaster Planning and Management					

**Fonte: Adaptado de CIC-PSU (2011)**

O guia *The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses* (KREIDER; MESSNER, 2013), de acordo com autores, foi construído a partir dos conceitos apresentados pelos guias *BIM Project Execution Planning Guide* (CIC-PSU, 2011) e *BIM Planning Guide for Facility Owners* (CIC-PSU, 2013). Note-se que este guia foi desenvolvido por pesquisadores que fizeram parte da produção do *BIM Project Execution Planning Guide*, de 2011. Os dois guias são oriundos do mesmo grupo de pesquisa da Penn State University. O propósito do *Computer Integrated Construction Research Program* era oferecer uma nova abordagem a respeito dos usos de BIM; os autores do texto ora comentado argumentam que o guia de 2011 é valioso por ser simples de usar, mas apresenta algumas falhas. Uma delas seria o fato de atrelar cada uso de BIM a somente uma fase de projeto. A outra seria a existência de poucas classes que poderiam melhorar a estrutura dos usos de BIM. Nas palavras dos autores,

“em vez de classificar os usos de BIM por fase de projeto (como foi feito no *BIM Project Execution Planning Guide*), este sistema classifica os usos de BIM com base no propósito de implementar o BIM” (KREIDER; MESSNER, 2013, p. 3, tradução nossa).

O texto apresenta um sistema de classificação dos usos de BIM elaborado para ser utilizado para comunicar o objetivo e o contexto precisos da implementação de BIM em uma categoria de projetos conhecida nos EUA como *capital facility projects*<sup>2</sup>. Para entender como Kreider e Messner (2013) criaram este sistema de classificação, foi importante identificar a) o significado adotado para *Building Information Modeling* para aquele documento e b) o significado atribuído a ao termo *BIM uses*, ou usos de BIM. Assim como no *BIM Project Execution Planning Guide* (CIC-PSU, 2011), o significado adotado para *Building Information Modeling* no texto comentado é de autoria de *National Institute of Building Sciences* (2007, p. 150).

Um *BIM use*, ou um uso de BIM, é definido pelos autores como

“um método de aplicação do BIM (portanto, do ato de produzir um modelo digital de uma construção) ao longo do ciclo de vida de uma instalação com o propósito de se alcançar um ou mais objetivos específicos” (KREIDER; MESSNER, 2013, p. 2, tradução nossa).

Kreider e Messner (2013) sugerem que o sistema de classificação proposto seja integrado ao jargão do departamento de compras e do setor de planejamento, para que auxilie na definição de escopo a ser requisitado para os vários parceiros.

Percebe-se, portanto, que aquele sistema de classificação foi desenvolvido para facilitar o processo de compras de modelos BIM, por parte de um empreendedor-investidor que será responsável pelo projeto e obra de uma instalação de grande monta. Tal fato, no entanto, não representa obstáculo para que esta pesquisa faça uso do sistema. A estrutura do sistema é apresentada no Quadro 6.

---

<sup>2</sup> Um *capital facility* pode ser definido como “uma instalação nova ou renovada a ser projetada e construída ... e que exigirá um grande investimento. Pode ser um edifício, uma estrada, uma represa, uma fábrica e assim por diante e, normalmente, os investidores recebem incentivos fiscais para realizar o empreendimento”, (GIBSON JR; KACZMAROWSKI; LORE JR, 1995, tradução nossa).

**Quadro 6: Usos de BIM, segundo Kreider e Messner (2013)**

Propósito do uso de BIM		Sinônimos
01	<b>Gather</b>	<i>administer, collect, manage, acquire</i>
	01 <i>Capture</i>	<i>collect</i>
	02 <i>Quantify</i>	<i>quantity takeoff</i>
	03 <i>Monitor</i>	<i>observe, measure</i>
	04 <i>Qualify</i>	<i>follow, track, identify</i>
02	<b>Generate</b>	<i>create, author, model</i>
	01 <i>Prescribe</i>	<i>program, specify</i>
	02 <i>Arrange</i>	<i>configure, lay out, locate, place</i>
	03 <i>Size</i>	<i>scale, engineer</i>
03	<b>Analyze</b>	<i>examine, evaluate</i>
	01 <i>Coordinate</i>	<i>detect, avoid</i>
	02 <i>Forecast</i>	<i>simulate, predict</i>
	03 <i>Validate</i>	<i>check, confirm</i>
04	<b>Communicate</b>	<i>exchange</i>
	01 <i>Visualize</i>	<i>review</i>
	02 <i>Transform</i>	<i>translate</i>
	03 <i>Draw</i>	<i>draft, annotate, detail</i>
	04 <i>Document</i>	<i>specify, submit, schedule, report.</i>
05	<b>Realize</b>	<i>implement, perform, execute,</i>
	01 <i>Fabricate</i>	<i>manufacture</i>
	02 <i>Assemble</i>	<i>prefabricate</i>
	03 <i>Control</i>	<i>manipulate</i>
	04 <i>Regulate</i>	<i>direct</i>

**Fonte: Adaptado de Kreider e Messner (2013, p. 8)**

O artigo *Model uses: foundations for a modular requirements clarification language* (SUCCAR; SALEEB; SHER, 2016) se propõe a estabelecer fundamentos para a correta utilização do conceito *Model uses*, ou usos do Modelo. O conceito Usos do Modelo pode ser interpretado como um modo de classificar os entregáveis de projeto, pretendidos ou esperados. Existem vários Usos do Modelo, como detecção de colisão, estimativa de custos e gestão de espaços (SUCCAR, 2019). De acordo com os autores, aquele trabalho pode ser entendido como uma releitura expandida da classificação proposta por Kreider e Messner (2013), chamada *The Uses of BIM*, e que foi abordada na seção anterior.

Em seguida, Succar, Saleeb e Sher (2016) defendem o uso do termo *Model Uses* em detrimento ao termo *BIM Uses*. Dentre as razões apontadas, duas merecem a atenção desta pesquisa:

- Segundo os autores, o acrônimo BIM, nos Estados Unidos, guarda relação de significado com o termo *Building Information Model* que, por sua vez, naquele país, é uma definição utilizada para se referir ao

produto da modelagem. Já na Austrália, Reino Unido e outros países, BIM se refere ao termo *Building Information Modeling* que, no entendimento dos autores, carrega outro significado, não associado exclusivamente ao produto, ou seja, o modelo. Portanto, afirmam que o termo *Model Uses* é menos sujeito a interpretações dúbias;

- como forma de reforçar sua argumentação, os autores apontam que, em um trabalho publicado em 2015, os pesquisadores Kreider e Messner passam a adotar o termo *Model Uses*.

Observa-se, portanto, que os sistemas de classificação propostos por Kreider e Messner (2013) e Succar, Saleeb e Sher (2016) têm foco na relação entre usuários e modelos.

Outros benefícios apontados pelos autores a serem alcançados pela utilização daquele sistema de classificação baseado no conceito *Model Uses* são: (a) normalizar a identificação de requisitos de projeto, (b) auxiliar na avaliação de competências individuais ou de empresas relacionadas a BIM, (c) colaborar com a definição dos resultados de aprendizagem, e (d) ajudar a preencher o vazio semântico entre três indústrias interdependentes, a da construção civil (BIM), a geoespacial (GIS) e a de manufatura (PLM).

Assim, percebe-se que Succar, Saleeb e Sher (2016) imaginam que aquele sistema de classificação tem potencial para ser aplicado em diferentes contextos. Os autores propõem duas categorias de usos do modelo, que podem ser utilizadas de forma independente ou combinadas: a categoria a) *General Model Uses*, que compreende os usos gerais do modelo, onde a classificação é realizada por disciplina, ou especialidade, do projeto, e a b) *Domain Model Uses*, que reúne os usos do modelo direcionados a um setor, ou domínio, específico da indústria da construção civil. O Quadro 7 apresenta a lista de usos do modelo por domínio, na concepção de Succar, Saleeb e Sher (2016).

**Quadro 7: Lista de usos do modelo por domínio**

<b>Domínio</b>	<b>Usos do modelo BIM associados</b>
<b><i>Capturing and Representing</i></b>	<i>2D Documentation, 3D Detailing, As-constructed Representation, Generative Design, Laser Scanning, Photogrammetry, Record Keeping, Surveying, Visual Communication</i>
<b><i>Planning and Designing</i></b>	<i>Conceptualization, Construction Planning, Demolition Planning, Design Authoring, Disaster Planning, Lean Process Analysis, Lift Planning, Operations Planning, Selection and Specification, Space Programming, Urban Planning, Value Analysis</i>
<b><i>Simulating and Quantifying</i></b>	<i>Accessibility Analysis, Acoustic Analysis, Augmented Reality Simulation, Clash Detection, Code Checking &amp; Validation, Constructability Analysis, Cost Estimation, Egress and Ingress Analysis, Energy Use, Finite Element Analysis, Fire and Smoke Simulation, Lighting Analysis, Quantity Take-off, Reflectivity Analysis, Risk and Hazard Assessment, Safety Analysis, Security Analysis, Site Analysis, Solar Analysis, Spatial Analysis, Structural Analysis, Sustainability Analysis, Thermal Analysis, Virtual Reality Simulation, Whole modular Analysis, Wind Studies</i>
<b><i>Constructing and Fabricating</i></b>	<i>3D Printing, Architectural Modules Prefabrication, Casework Prefabrication, Concrete Precasting, Construction Logistics, Mechanical Assemblies Prefabrication, Sheet Metal Forming, Site Set-outs</i>
<b><i>Operating and Maintaining</i></b>	<i>Asset Maintenance, Asset Procurement, Asset Tracking, Building Inspection, Handover and Commissioning, Relocation Management, Space Management</i>
<b><i>Monitoring and Controlling</i></b>	<i>Building Automation, Field BIM, Performance Monitoring, Real-time Utilization</i>
<b><i>Linking and Extending</i></b>	<i>BIM/Spec Linking, BIM/ERP Linking, BIM/FM Integration, BIM/GIS Overlapping, BIM/IOT Interfacing, BIM/PLM Overlapping, BIM/Web-services Extension</i>

**Fonte: Adaptado de Succar, Saleeb e Sher (2016)**

## 2.2 REVISÕES CRÍTICAS SOBRE BIM

Nesta etapa, foi realizada uma investigação sobre revisões críticas que apresentam o **entendimento de BIM** sob vieses semelhantes ao desta pesquisa. A análise das revisões críticas foi estruturada em duas partes. Na primeira, foi analisada a motivação dos autores, qual o significado atribuído a *Building Information Modeling* pelos autores da revisão, o objetivo da pesquisa, qual a metodologia utilizada, quais os resultados apresentados e qual a contribuição obtida. Na segunda parte, foi feita uma análise sobre se a metodologia declarada pelos pesquisadores a) estaria adequada aos objetivos da pesquisa proposta por estes, b) contribuiu para produzir os resultados esperados pelos pesquisadores e c) poderia ser utilizada no contexto desta pesquisa. Esta segunda análise permitiu discussões a respeito de como a metodologia desta pesquisa deveria ser fundamentada e encaminhada, tal como é apresentada no Capítulo 3.

No trabalho *Analysis of Citation Networks in Building Information Modeling Research* (HOSSEINI et al., 2018), os autores afirmam existir aumento expressivo pelo interesse em BIM, uma vez que a “ferramenta BIM”, na visão destes, emergiu de modo pervasivo e ubíquo nas áreas da construção e das engenharias. Acreditam, no entanto, que a produção acadêmica sobre o tema é vaga e que o alinhamento com os interesses da indústria não está claro. Estas são as premissas que levam os pesquisadores a realizarem, na visão deles, um estudo sistemático do corpo de conhecimento produzido sobre BIM, utilizando métodos de análise quantitativa de dados.

Os pesquisadores realizaram uma pesquisa para investigar pesquisas anteriores e seus métodos e identificam falhas, na visão deles, na condução de tais pesquisas, com relação à coleta e análise de dados. Argumentam que a maior parte das revisões sobre o entendimento de BIM é feita de modo manual, sujeita às escolhas dos autores, e que as revisões realizadas com uso de bibliometria ficaram restritas a apresentar os resultados estatísticos, sem se aprofundar nas interpretações destes dados. Desta forma, afirmaram que, em sua pesquisa, utilizaram um método bibliométrico e que, ao final, fizeram considerações e críticas com base nos resultados

obtidos. Acreditam que a contribuições de sua pesquisa é identificar “deficiências intelectuais na pesquisa em BIM” (HOSSEINI et al., 2018, p. 1, tradução nossa), auxiliando editores de revistas e a comunidade nas suas prioridades em suas pesquisas em BIM.

Hosseini et al. (2018) entendem BIM como uma ferramenta. Os autores da pesquisa partiram de premissas que tendem à subjetividade, ao afirmar que a produção acadêmica é vaga e não há alinhamento com a indústria, pois tais argumentos não estão embasados em estudos empíricos ou citações de outros autores. Com relação ao modo como os pesquisadores discorrem sobre o que pretendem entregar como contribuição, percebe-se o uso de um discurso que beira o inadequado para uma redação científica, ao tentar ressaltar as qualidades do trabalho dos pesquisadores por meio de argumentações que sugerem que outras pesquisas seriam menos qualificadas.

Mesmo com todas as ressalvas apontadas acima, existiram conteúdos, estratégias e métodos produzidos e utilizados pelos autores que serviram de referência para esta pesquisa. Entre estes, destacam-se a tabela 1, da página 2, que traz uma lista com as principais revisões sobre a literatura em BIM, na visão dos autores, e os métodos de análise utilizados (HOSSEINI et al., 2018). Esta tabela forneceu a indicação das outras pesquisas a serem investigadas nesta etapa: Yalcinkaya e Singh (2015), Zhao (2017), Santos, Costa e Grilo (2017) e He et al. (2017).

Com relação à metodologia aplicada, os pesquisadores fazem uso de técnicas informétricas, como a análise de co-citações, análise de citações diretas, de coautoria, entre outras, com o objetivo de mapear redes de autores, publicações, organizações e países que colaboram entre si. Os pesquisadores utilizaram as ferramentas *VOSviewer* (VAN ECK; WALTMAN, 2009), *CiteSpace* (CHEN, 2016) e *Gephi* (BASTIAN; HEYMANN; JACOMY, 2009) e formatos de exibição tradicionais, como tabelas e gráficos de linha, para consolidar o mapeamento e visualização de dados extraídos de 2.444 registros da Scopus. Ao final do trabalho, os pesquisadores realizam discussões sobre os resultados encontrados.

Observa-se, portanto, que a leitura desta pesquisa trouxe as seguintes contribuições para este trabalho: a) uma lista de mais pesquisas a serem investigadas, b) uma sugestão de metodologia de análise e visualização de dados, com as respectivas ferramentas e c) um tópico de discussão que tem foco em reunir as considerações e análises dos pesquisadores acerca dos dados mapeados, estratégia similar à utilizada na etapa inicial desta pesquisa, quando foram publicados os primeiros resultados (GASPAR; RUSCHEL, 2017).

O objetivo do artigo *Patterns and trends in Building Information Modeling (BIM) research: A Latent Semantic Analysis* (YALCINKAYA; SINGH, 2015) é apresentar uma classificação sistematizada de estudos e pesquisas sobre BIM realizadas entre 2004 e 2014. Os autores argumentam que, até o momento da publicação de seu trabalho, em 2015, a maior parte das revisões críticas sobre BIM foram realizadas pelo método qualitativo. A revisão qualitativa manual, embora capaz de oferecer *insights* e orientações aos pesquisadores que utilizam tal método, possui vieses e limitações relacionadas ao baixo número de referências bibliográficas pesquisadas como amostra (YALCINKAYA; SINGH, 2015). Na sequência, afirmam que, para realizar uma avaliação e classificação objetiva da literatura produzida sobre BIM, entendem ser apropriada a técnica da Análise Semântica Latente, para identificar a frequência e ocorrência de temáticas por meio do agrupamento de palavras-chave que emergem do *corpus* de texto analisado. O significado atribuído a BIM utilizado pelos pesquisadores é o do capítulo norte-americano da buildingSMART (NIBS, 2007)<sup>3</sup>. Foram utilizadas 11 bases de dados, com destaque para as bases ASCE, CuminCAD, CIB-Library, IEEE Xplore e ProQuest. A base Scopus não foi utilizada. O período considerado foi entre 2004 e 2014. No texto, não são apresentadas justificativas para o intervalo de tempo considerado nem para o uso das bases de dados elencadas. Após o processo de remoção de registros duplicados, os autores afirmam ter analisado o texto de 975 resumos. Como resultado, os pesquisadores afirmam ter identificado 12 áreas principais relacionadas a 90 temas de pesquisa em

---

<sup>3</sup> A definição de BIM, segundo NIBS (2007, p. 21), está explicitada na p. 35 deste trabalho.

BIM, que emergem dos dados processados por meio da Análise Semântica Latente. As 12 principais áreas de pesquisa em BIM, segundo Yalcinkaya e Singh (2015) são: *Implementation and adoption, Energy management, Academy and industry training, Information exchange and interoperability, Safety management, Urban/building space design and analysis, Construction and project management, Design codes and code compliance, As-is, as-built data, Promotion and technology development, Maintaining and managing facilities, Architectural design process.*

A contribuição deste trabalho, segundo os autores, está no uso de um método quantitativo de análise de dados para identificar tendências e padrões de pesquisas em BIM que podem ajudar a outros pesquisadores.

A leitura desta revisão crítica trouxe, para esta pesquisa, o entendimento da eficácia do uso de técnicas de análise quantitativa de dados para se extrair informações que podem ser classificadas e hierarquizadas, possibilitando a investigação de determinado tema com sensível diminuição de vieses e interpretações que poderiam interferir de maneira considerável nos resultados, o que confirma o entendimento de Hosseini et al. (2018). Este trabalho entregou, como resultado, o produto do cruzamento de dados segundo técnicas que fazem parte sistemática proposta pela Análise Semântica Latente; portanto, os pesquisadores não realizaram interpretações, discussões e considerações além da exposição das limitações do estudo.

O trabalho *A scientometric review of global BIM research: Analysis and visualization* (ZHAO, 2017) pretendeu apresentar um retrato da pesquisa produzida sobre BIM entre 2005 e 2016, com o propósito de identificar “os assuntos quentes na literatura” (ZHAO, 2017, p. 37, tradução nossa). A Análise Cienciométrica foi utilizada pelos autores como técnica para extração e análise de dados, e é a descrição do uso desta técnica que aparece destacada como Método. O significado atribuído a BIM de referência, neste trabalho, é a definição que consta na norma *ISO 29481-1 Building Information Models - Information Delivery Manual - Part 1: Methodology and Format* (ISO, 2016). No texto da norma, esta é a definição para *Building Information Modeling*:

*“building information modelling*

**BIM**

*use of a shared digital representation of a built object (including buildings, bridges, roads, process plants etc.) to facilitate design, construction and operation process to form a reliable basis for decisions*

**Note 1 to entry** *The acronym BIM also stands for the shared digital representation of the physical and functional characteristics of any construction works” (ISO, 2016, p.1).*

A base de dados utilizada é a Web of Science (WoS), e não é apresentada justificativa sobre a preferência por esta base. O intervalo de tempo é entre 2005 e 2016, e o início é justificado pelos autores, por ser o ano da primeira ocorrência que encontraram sobre BIM na WoS. Foram analisados 614 artigos de periódicos e criadas figuras que representam as redes de co-autorias e de colaboração entre países e instituições. Também foram realizados mapeamentos de categorias, ou temas, relacionados a BIM, a partir da medição de co-ocorrências dos tópicos da WoS, e mapeamentos das palavras mais utilizadas pelos autores, dos periódicos, autores e artigos mais influentes.

As 5 categorias mais importantes, em Zhao (2017, p. 40), são: *engineering, civil engineering, construction & building technology, computer science e multidisciplinary engineering*. As dez palavras-chave mais importantes foram *building information modeling (BIM), system, model, design, management, simulation, project, industry e technology* (ZHAO, 2017, p. 42). Os 10 periódicos mais relevantes, identificados por Zhao (2017, p. 42), foram *Automation in Construction, Advanced Engineering Informatics, Journal of Computing in Civil Engineering, Journal of Construction Engineering and Management, Journal of Information Technology in Construction, Journal of Management in Engineering, Journal of Civil Engineering and Management, Energy and Buildings, Journal of Asian Architecture and Building Engineering e Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice* (ZHAO, 2017, p. 42). Os 10 autores mais citados, em Zhao (2017, p. 42), são Charles M. Eastman, Salman Azhar, Rafael Sacks, Burcin Becerik-Gerber, Bilal Succar, Ghang Lee, Timo Hartmann, Ning Gu, Yusuf Arayici e Heng Li. As 10 referências mais citadas, identificadas por Zhao (2017, p.44), foram Succar (2009a), Howard e Björk (2008), Gu e London (2010), Zhang et al. (2013), Lee et al. (2006), Xiong et al. (2013), Singh et al. (2011), Azhar et al. (2011) e Grilo e Jardim-Gonçalves (2010).

Os autores escolheram artigos que se destacaram, entre os que emergiram dos dados, para dar contexto aos resultados obtidos pela técnica da análise cienciométrica. Na etapa de conclusões, foi apresentado um resumo dos resultados obtidos, não havendo um avanço nas discussões. Não houve comentários sobre as limitações da pesquisa ou sugestões para futuros encaminhamentos.

Algumas questões importantes surgiram, para o contexto desta pesquisa, a partir da leitura deste trabalho (ZHAO, 2017). Observou-se que o mapeamento de países e organizações podem representar uma importante contribuição para contextualizar as discussões relacionadas aos objetivos de pesquisa. Destaca-se, também, a leitura de referências bibliográficas que emergem dos dados, técnica utilizada em metodologias de pesquisa como a Revisão Sistemática da Literatura.

O estudo *Bibliometric analysis and review of Building Information Modelling: literature published between 2005 and 2015* (SANTOS; COSTA; GRILO, 2017) teve por objetivo “analisar a literatura existente e destacar campos de pesquisa novos e emergentes relacionados a BIM” (SANTOS; COSTA; GRILO, 2017, tradução nossa) a partir da análise bibliométrica de 381 artigos encontrados na WoS e, posteriormente, em outras bases, entre 2006 e 2015. Observa-se que as justificativas para o uso da base de dados WoS e para delimitar o intervalo de tempo, utilizadas no início do trabalho, são modificadas ao longo deste. Na WoS, foram buscados os artigos de periódicos com fator de impacto acima de 1 e com citações acima de 100.

O principal significado atribuído a BIM adotado neste trabalho, assim como em Zhao (2017), também é o de ISO (2016)<sup>4</sup>, porém, em Santos, Costa e Grilo (2017), as categorizações e classificações utilizadas foram criadas pelos próprios pesquisadores. Em Zhao (2017), a relevância dos tópicos (ou seja, das categorias) e das referências bibliográficas emergiu dos dados e, então, os artigos foram lidos para dar o contexto.

---

<sup>4</sup> A definição de BIM, segundo ISO (2016), está explicitada na p. 51 deste trabalho.

Nesta pesquisa (SANTOS; COSTA; GRILO, 2017), assim como em Zhao (2017), existe a leitura de referências bibliográficas que emergem dos dados para dar contexto aos resultados obtidos. Ao realizar a leitura, os pesquisadores categorizaram manualmente os 381 artigos que foram resultantes da análise bibliométrica e destacaram os que julgaram mais importantes. As categorias e sub-categorias geradas pelos autores estão apresentadas no Quadro 8. Este fato diferencia a pesquisa de Santos, Costa e Grilo (2017) dos trabalhos investigados até então (SINGH; GU; WANG, 2011; ZHAO, 2017; HOSSEINI et al., 2018), onde as categorizações emergem dos dados obtidos nas bases.

**Quadro 8: Categorias e sub e subcategorias propostas por Santos, Costa e Grilo (2017)**

<b>Categoria</b>	<b>Subcategoria</b>
<i>Collaborative Environments and Interoperability</i>	<i>Interoperability &amp; IFC Semantic BIM &amp; Ontology Collaborative Environments Knowledge &amp; Information Management</i>
<i>Sustainable Construction</i>	<i>Energy Performance Sustainable Performance Building Performance</i>
<i>BIM Adoption and Standardisation</i>	<i>Rules Checking &amp; Standards BIM Benefits &amp; ROI BIM Adoption BIM Training &amp; Education</i>
<i>BIM Programming</i>	<i>Parametric Modelling</i>
	<i>BIM Tool Development</i>
	<i>Cloud Computing</i>
<i>Image Processing, Laser Scanning, and Augmented Reality</i>	<i>Image Processing</i>
	<i>Laser Scanning</i>
	<i>AR-based Framework/Application</i>
<i>Facilities Management and Safety Analysis</i>	<i>Safety Management</i>
	<i>Building Management and Maintenance</i>
<i>Construction Management</i>	<i>Schedule Management</i>
	<i>Quantity Take-off</i>
	<i>Cost Estimation</i>
<i>BIM and Spatial Information</i>	<i>Geographical Information Systems (GIS)</i>
	<i>Space Syntax</i>

**Fonte: Adaptado de Santos, Costa e Grilo (2017)**

Como contribuição para a esta pesquisa, observou-se, por este trabalho, que é possível utilizar uma técnica de análise de dados (bibliométrica, cienciométrica etc.) para filtrar e encontrar referências bibliográficas que, posteriormente, podem ser classificados por um sistema criado manualmente e categorizados, também, por meio de leituras. Tornou-se cada vez mais claro, portanto, ser necessária a declaração explícita de todos os métodos e processos que serão utilizados para conduzir a

pesquisa, para que amostras, resultados, discussões e conclusões estejam relacionadas e construídas de modo fundamentado e coerente.

O estudo *Mapping the managerial areas of Building Information Modeling (BIM) using scientometric analysis*, de He et al.(2017) se propõe a analisar as palavras-chave e o conteúdo do resumo de 126 artigos de periódicos relacionados à gestão, adoção e implementação de BIM. Esta amostra tem origem em buscas nas bases de dados Scopus e WoS e o intervalo de tempo considerado foi entre 2007 e 2015. Os autores propõem que o “campo não-técnico, nomeadamente, as áreas relacionadas à gestão em BIM” (HE et al., 2017, p. 670, tradução nossa) utilizem um novo acrônimo, MA-BIM<sup>5</sup>, cunhado pelos próprios pesquisadores. Para este acrônimo, propõem, como referência, utilizar um significado extraído de Volk, Stengel e Schultmann (2014)<sup>6</sup>.

Para fazer a busca das referências bibliográficas nas bases de dados, os pesquisadores utilizaram os termos relacionados aos acrônimos BIM e VDC (*Virtual Design and Construction*). A ferramenta de análise de dados utilizada foi a *CiteSpace*. Foram produzidas diversas tabelas e gráficos com o mapeamento dos dados e suas relações. Para interpretar os resultados apresentados por estas figuras, os pesquisadores escolheram de três a cinco termos mais frequentes, relacionados a cada categoria e resultado; usando os termos como referência, selecionaram artigos representativos de cada temática para contextualizar os resultados (HE et al., 2017, p. 677).

O resultado final do trabalho é um quadro teórico que pretende estabelecer uma estrutura conceitual sobre gestão em BIM e outro, que lista 5 categorias propostas pelos autores como adequadas para sistematizar a pesquisa sobre gestão em BIM: *Conceptual framework*, ligada à gestão de produtos, *Stakeholder e Actor*, ligadas à gestão de pessoas e *Adoption process*, ligadas à gestão de processos (HE et al., 2017, p. 683).

---

<sup>5</sup> MA-BIM atende por *Managerial BIM*, na aceção dos pesquisadores que cunharam o termo (HE et al., 2017).

<sup>6</sup> A definição de BIM, segundo Volk, Stengel e Schultmann (2014), está explicitada na p. 95 deste trabalho.

Ao realizar as discussões que orientam a elaboração dos quadros teóricos, os pesquisadores não adotam o procedimento anterior, e passam a utilizar referências sem que estas estejam relacionadas aos resultados que emergem dos dados.

A principal contribuição, para esta pesquisa, trazida a partir da leitura e análise de He et al. (2017) foi a compreensão do delineamento metodológico utilizado pelos autores. Observou-se que a metodologia que orienta a pesquisa de He et al. (2017), ainda que não tenha sido declarada explicitamente pelos autores, se assemelha muito à proposta para este trabalho. Outro elemento da pesquisa de He et al. (2017) que tem relevância para a construção dos fundamentos desta pesquisa, é a decisão dos autores de utilizar um termo/acrônimo diferente de BIM para encontrar referências bibliográficas relacionadas a BIM. Os pesquisadores não apresentam argumentos para incluir termos relacionados ao acrônimo VDC, além do próprio acrônimo, porém assim o fazem, considerando BIM, VCD e seus termos associados como sendo equivalentes.

Nesta seção foram realizadas sínteses de pesquisa correlatas por meio da leitura, coleta e interpretações de informações a respeito de como os pesquisadores desenvolveram seus métodos, delineararam seus processos e escolheram como apresentar seus dados. O resultado resumido e sistematizado desta investigação está apresentado no Quadro 9.

A partir desta investigação, foi possível avaliar que as revisões críticas sobre BIM analisadas tomaram por método de pesquisa as técnicas de análise de dados, como as análises bibliométrica, cienciométrica, semântica latente etc., acompanhadas de ferramentas, como o *Excel*, *VOSviewer*, *CiteSpace* e *Gipher*. Dois trabalhos investigados utilizaram a técnica da análise cienciométrica; o trabalho de Hosseini et al. (2018) utilizou a análise de redes sociais, que apresenta similaridades com a análise cienciométrica.

Com relação aos resultados, dois trabalhos apresentam os dados, com a respectiva descrição e interpretação realizada pelos autores, sem que haja leitura de referências encontradas (YALCINKAYA; SINGH, 2015; HOSSEINI et al., 2018). Em três trabalhos, existe uma etapa de leitura de referências bibliográficas relevantes encontradas a partir do processo de análise de dados (HE et al., 2017; SANTOS; COSTA; GRILO, 2017; ZHAO, 2017). Este processo é característico do método conhecido como Revisão Sistemática da Literatura (KITCHENHAM, 2004); a RSL não foi mencionada pelos autores destas pesquisas.

**Quadro 9: Resumo das informações obtidas a partir da leitura das revisões críticas sobre BIM**

Documento	(HOSSEINI et al., 2018)	(YALCINKAYA; SINGH, 2015)	(ZHAO, 2017)	(SANTOS; COSTA; GRILO, 2017)	(HE et al., 2017)
Método ou técnica de análise de dados	Redes Sociais	Semântica Latente	Cienciométrica	Bibliométrica	Cienciométrica
Significado atribuído a BIM	BIM “tool”	(NIBS, 2007) ver definição na p. 35 deste trabalho	(ISO, 2016) ver definição na p. 51 deste trabalho	(ISO, 2016) ver definição na p. 51 deste trabalho	(VOLK; STENGEL; SCHULTMANN, 2014) ver definição na p. 95 deste trabalho
Bases de Dados	Scopus	11 bases	Web of Science	Web of Science	Web of Science e Scopus
Bases dados justificadas?	Não	Não	Não	Sim	Sim
Intervalo de tempo	n/d	2004 a 2014	2005-2016	2006 a 2015	2007 a 2015
Intervalo justificado?	Não	Não	Sim	Sim	Não
Tipos de Documentos	“todos”	Artigos e trabalhos apresentados em conf.	Artigos em periódicos	Artigos com f.i. acima de 1.0 e mais de 100 citações	Artigos relacionados à gestão, adoção e implem. em BIM
Rem. Duplicados?	Não	Sim	n/d	Sim	Não
Literatura Cinza?	Sim	Não	Não	Não	Não
Registros (início>fim)	2444	1069>975	614	577>399>381	308>126
Ferramentas utilizadas	VOSviewer, CiteSpace, Giphe	Rapidminer	CiteSpace	n/d	CiteSpace
Categorização e Classificação	Emergem dos dados	Emergem dos dados	Emergem dos dados	Pesquisadores	Emergem dos Dados
Formas de Visualização	Tabelas, gráficos de linha, mapas de vis. por similaridade	Tabelas	Tabelas, gráficos de linha, mapas de vis. por similaridade	Tabelas e gráfico de linha	Tabelas e mapas de vis. por similaridade
Contribuição da pesquisa	Lista com principais revisões sobre a literatura em BIM, na visão dos autores, e métodos de análise utilizados. Mapeamento de redes de autores, publicações, organizações e países que colaboram entre si.	Autores afirmam ter identificado 12 áreas principais relacionadas a 90 temas de pesquisa em BIM	Mapeamentos de categorias a partir da medição de co-ocorrências e das palavras mais utilizadas pelos autores, dos periódicos, autores e artigos mais influentes para figuras que representam as redes de coautorias e de colaboração entre países e instituições.	Categorizações e classificações manuais, criadas pelos próprios autores. Julgamento, também manual, dos mais importantes.	Quadro teórico que pretende estabelecer uma estrutura conceitual sobre gestão em BIM, e outro quadro teórico que sugere cinco principais áreas de pesquisa sobre gestão em BIM.

**Fonte: O autor.**

Nas seções onde são expostas as conclusões, discussões e contextualizações, três trabalhos apresentam um resumo dos resultados, característica típica de pesquisas

baseadas em análises de dados (YALCINKAYA; SINGH, 2015; SANTOS; COSTA; GRILO, 2017; ZHAO, 2017). Um trabalho apresenta discussões, mas não foram observadas conexões entre estas e os resultados (HOSSEINI et al., 2018). Um trabalho apresentou discussões e quadros teóricos elaborados a partir dos resultados que emergiram dos dados (HE et al., 2017), processo que se assemelha ao proposto e utilizado por esta pesquisa.

Os estudos realizados a respeito dos significados atribuídos a *Building Information Modeling* levaram à definição de termos de controle e termos para serem usados na pesquisa. A leitura e interpretação das revisões críticas sobre BIM auxiliaram no embasamento da escolha do método utilizado na condução da pesquisa. Este conjunto de informações constituem, portanto, os fundamentos teóricos que dão sustentação a este trabalho.

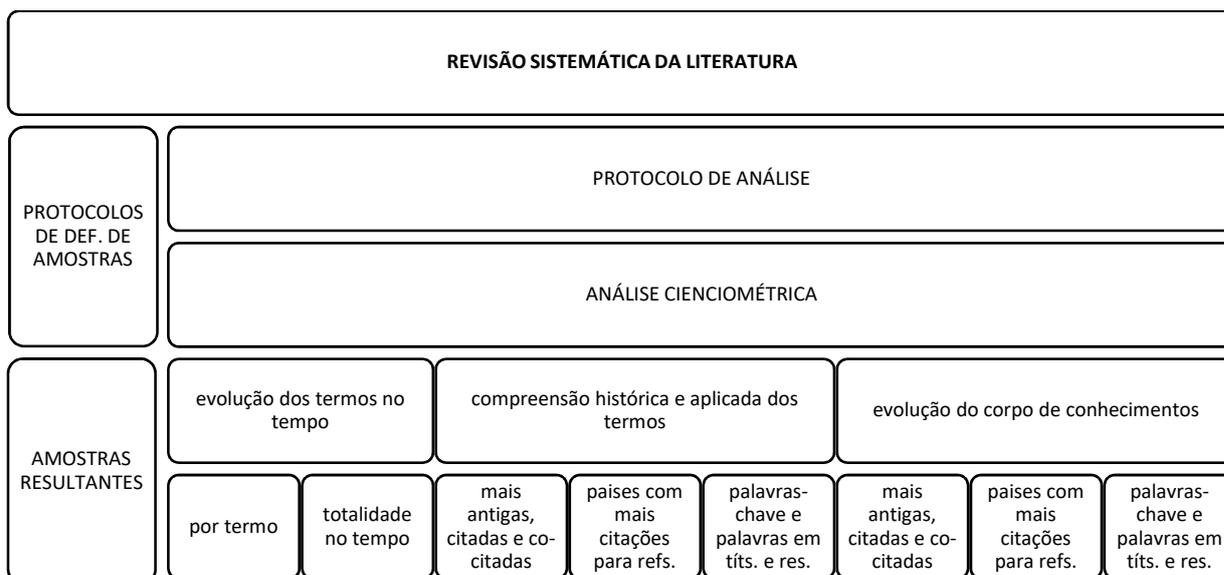
### 3 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

O resultado da investigação apresentada na Fundamentação Teórica reforçou a decisão de utilizar a Revisão Sistemática da Literatura (KITCHENHAM, 2004) como metodologia de condução desta pesquisa, com auxílio de métodos de análise de dados baseados na cienciometria.

O método da Revisão Sistemática da Literatura estruturou o delineamento geral da pesquisa. As referências bibliográficas relacionadas aos objetivos da pesquisa foram buscadas nas bases de dados e os resultados foram filtrados segundo protocolos pré-estabelecidos, dando origem aos dados que compõem as amostras resultantes. O método da Análise Cienciométrica foi utilizado para sistematizar a visualização das amostras segundo as questões da RSL, para que estes fossem interpretados por meio de tabelas, gráficos de linhas e figuras produzidas com a técnica denominada mapeamento por visualização de similaridades (VAN ECK; WALTMAN, 2007).

Os produtos das análises foram interpretados através de comparações, ajustes e generalizações, instrumentos utilizados para consolidar os argumentos e teorizações que pretenderam responder aos pressupostos formulados (item 1.2) e confirmar, ou não, os postulados apresentados no item 2.1. Na etapa de conclusão, a partir das argumentações e teorias que emergiram da etapa anterior, foram realizadas discussões e reflexões a respeito dos resultados alcançados, se estes atenderam aos objetivos da pesquisa, quais as limitações encontradas e são formuladas algumas sugestões de trabalhos futuros. O delineamento geral é apresentado na Figura 1.

**Figura 1: Delineamento macro da pesquisa**



**Fonte: O autor.**

### 3.1 DEFINIÇÃO DA AMOSTRAS

A Revisão Sistemática da Literatura (RSL) (KITCHENHAM, 2004) foi norteada pelos pressupostos apresentados na seção 1.2 Justificativa e Pressupostos. Pretendeu-se responder a estes pelo método da análise cienciométrica, a partir das amostras resultantes do processo de busca por referências bibliográficas indexadas nas bases acadêmicas escolhidas de acordo com os objetivos da pesquisa. A Figura 2 apresenta a visão macro do protocolo da RSL.

**Figura 2: Visão macro do protocolo RSL**



**Fonte: O autor.**

As definições encontradas nas referências bibliográficas foram validadas por meio da comparação em semelhança com os significados contemporâneos e históricos de referência apresentados no Quadro 3, ao final da seção 2.1.3.

Estas foram as bases de dados avaliadas para serem utilizadas na condução da RSL:

- *ASCE Civil Engineering Database*: <https://cedb.asce.org/CEDBsearch>;
- *ASCE Library*: <https://ascelibrary.org/search/advanced>;
- *Engineering Village*: <https://www.engineeringvillage.com>;
- *ProQuest*: <http://www.proquest.com>;
- *Scopus*: <http://www.scopus.com>;
- *ScienceDirect*: <http://www.sciencedirect.com>; e
- *Web of Science*: <https://www.webofknowledge.com>.

O processo de seleção das bases de dados foi realizado em duas etapas. Na primeira, as seguintes questões eliminatórias foram observadas: a) a base permite exportar

resultados completos da busca para análise, de modo automatizado? e b) A base permite pesquisar o campo *Keywords* ou equivalente? Nesta etapa, foi constatado que a *ASCE Civil Engineering Database* não atendeu à questão **(a)** e a base *ASCE Library* não atendeu à questão **(b)**; portanto, foram descartadas como fontes de informações para a RSL. A partir de então, teve início o processo de definição da base de dados principal e, por consequência, da ordem de prioridade entre bases, quando do processo de identificação e remoção de registros duplicados. A avaliação das bases, nesta etapa, se deu por dois critérios-chave, que nortearam as perguntas classificadoras e a definição de seus pesos: o primeiro foi o conjunto das características técnicas da base de dados; o segundo foi a capacidade que cada base tinha de entregar as informações de acordo com os objetivos da pesquisa e delineados pelo protocolo da RSL. Os Quadros 10 e 11 apresentam os resultados deste processo de avaliação. O Quadro 12 apresenta a totalização dos resultados e aponta a Scopus como a base de dados principal.

**Quadro 10: Avaliação das características técnicas das bases de dados**

Características técnicas	Peso	Web of Science	ProQuest	Scopus	Science Direct	Engineering Village
Apresenta número de citações a determinado artigo?	35	Sim	Não	Sim	Não	Não
Permite exportar automaticamente as referências encontradas pela busca?	31,5	Não	Sim	Sim	Sim	Não
Dispõe de ferramentas de análise estatística dos resultados das buscas?	21	Sim	Não	Sim	Não	Sim
Permite salvar buscas?	21	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
Permitir pesquisa em textos completos de artigos?	21	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Permite procurar em textos completos de livros?	14	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Pontos	143,5	77	66,5	108,5	66,5	77

**Fonte: O autor.**

**Quadro 11: Avaliação das características relevantes das bases de dados para a condução da RSL**

Características relevantes para a RSL	Peso	Web of Science	ProQuest	Scopus	Science Direct	Engineering Village
Permite filtrar por áreas de pesquisa?	35	Sim	Não	Sim	Não	Não
Permite filtrar por tipos de fontes?	35	Não	Sim	Sim	Não	Não
Permite filtrar por assunto?	28	Não	Sim	Não	Não	Sim
Permite filtrar por idioma?	21	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
Permite filtrar por tipos de documentos?	7	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Pontos	126	63	91	98	7	56

**Fonte: O autor.**

**Quadro 12: Totalização dos pontos e consolidação da ordem das bases de dados**

	Web of Science	ProQuest	Scopus	Science Direct	Engineering Village
Ordem de Prioridade	3	2	1	5	4
Total de Pontos	140	157,5	206,5	73,5	133

**Fonte: O autor.**

O Quadro 13 apresenta os critérios para a inclusão de fontes.

**Quadro 13: Critérios para a inclusão de fontes**

<b>Termos de busca</b>	Encontrados nas investigações preliminar e secundária, conforme apresentados no Quadro 7.
<b>Campos de busca</b>	Título, resumo e palavras-chave
<b>Idioma</b>	Inglês
<b>Tipos de fonte</b>	Livros, capítulos de livros, artigos em periódicos acadêmicos, dissertações e teses, artigos de conferência
<b>Período</b>	Entre 1962 (ENGELBART, 1962) e 31 de dezembro de 2018

**Fonte: O autor.**

Os critérios para a exclusão de fontes estão apresentados no Quadro 14.

**Quadro 14: Critérios para a exclusão de fontes**

<b>Idioma</b>	Foram excluídas as fontes escritas em qualquer idioma, exceto o inglês
<b>Tipos de documentos</b>	Foram excluídas as patentes, revistas de caráter comercial, brochuras, panfletos e outras mídias impressas não listadas nos critérios de inclusão
<b>Áreas temáticas</b>	Foram excluídos os trabalhos que não têm relação com Arquitetura, Engenharia ou Construção
<b>Registros duplicados</b>	Foram excluídos registros duplicados a respeito de uma mesma publicação. Este processo foi feito em duas etapas: na primeira, foram excluídos os registros duplicados em uma mesma base. Posteriormente, foi feita a exclusão de registros entre bases diferentes

**Fonte: O autor.**

A condução da RSL para obtenção de uma fonte em uma base de dados, para cada termo, seguiu os seguintes passos:

1. Aplicação dos critérios de inclusão, relacionados ao termo procurado, em uma base de dados.
2. Exportação dos resultados encontrados para tratamento em software de edição de planilhas.
3. Aplicação dos critérios de exclusão, para a remoção de registros que não estavam em conformidade com os requisitos da RSL, mas que apareceram nos resultados de busca devido a possíveis erros no preenchimento (como a indicação incorreta do idioma) ou, ainda, o duplo registro de um mesmo documento.
4. Verificação manual dos registros que apresentavam valores iguais em Título e DOI e, depois, qualquer um dos campos restantes: Nome dos autores, Tipo de Publicação e Tipo de Documento. Além dos citados anteriormente, foram comparados os campos Volume, Página Inicial, Página Final e Número de Páginas. Qualquer diferença entre qualquer um destes campos fez com que os registros em exame permanecessem na base de dados.

A Tabela 1 apresenta a *amostra bruta de fontes* para todos os termos em cada base, assim como foram extraídas das bases na internet e trazidas para tratamento no software de edição de planilhas, sem realizar a eliminação de registros duplicados em cada base de dados.

A Tabela 2 apresenta a *amostra corrigida de fontes* para todos os termos em cada base, já realizada a eliminação de registros duplicados em cada base de dados.

**Tabela 1: Amostra bruta de fontes para os termos em cada base**

Termo	Scopus	ProQuest	Web of Science	Engineering Village	Science Direct	Total
Automated Building Design	7	10	6	8	3	34
Building Design System	50	22	21	32	14	139
Building Description System	5	6	1	3	1	16
<b>Building Information Modeling</b>	<b>4228</b>	<b>3035</b>	<b>2558</b>	<b>2796</b>	<b>761</b>	<b>13378</b>
Building Product Modeling	57	60		29	18	164
Computer-Aided Architectural Design	811	114	94	787	62	1868
Computer-Aided Building Design	31	25	12	32	15	115
Design Data Model	47	29	28	16	17	137
Integrated Building Model	4	6	3		2	15
Integrated Design Model	51	44	33	36	12	176
Integrated Product Model	63	22	47	53	10	195
Parametric Building Model	11	7	6	8	9	41
Virtual Design and Construction	80	39	31	71	7	228
<b>Total Geral</b>	<b>5445</b>	<b>3419</b>	<b>2840</b>	<b>3871</b>	<b>931</b>	<b>16506</b>

*Fonte: O autor.*

**Tabela 2: Composição da amostra de fontes para os termos em cada base com eliminação de duplicados dentro de cada base**

Termo	Scopus	ProQuest	Web of Science	Engineering Village	Science Direct	Total
Automated Building Design	7	6	6	7	3	29
Building Design System	49	20	21	30	14	134
Building Description System	5	4	1	3	1	14
<b>Building Information Modeling</b>	<b>4196</b>	<b>2419</b>	<b>2539</b>	<b>2741</b>	<b>760</b>	<b>12655</b>
Building Product Modeling	56	49		27	18	150
Computer-Aided Architectural Design	811	97	94	768	61	1831
Computer-Aided Building Design	31	24	12	31	13	111
Design Data Model	47	22	28	16	17	130
Integrated Building Model	4	5	3		2	14
Integrated Design Model	50	34	33	36	12	165
Integrated Product Model	62	20	47	51	10	190
Parametric Building Model	11	7	6	8	5	37
Virtual Design and Construction	79	36	31	68	3	217
<b>Total Geral</b>	<b>5408</b>	<b>2743</b>	<b>2821</b>	<b>3786</b>	<b>919</b>	<b>15677</b>

*Fonte: O autor.*

A partir de então foi preciso estabelecer processos e executá-los, para obter a composição da amostra apresentada pela Tabela 3, com os dados de todas as bases, sem que houvesse a duplicação de registros entre nenhuma das bases. Neste caso, a sequência de cruzamentos utilizada para a remoção de registros duplicados seguiu a ordem de pontuação das bases de dados apresentada no Quadro 12.

**Tabela 3: Composição da amostra de registros sem duplicação entre bases**

<b>Termo</b>	Scopus	ProQuest	Web of Science	Engineering Village	Science Direct	Total
Automated Building Design	7	1	1			9
Building Design System	48	10	10	3		71
Building Description System	5	2		1		8
<b>Building Information Modeling</b>	<b>4191</b>	<b>953</b>	<b>559</b>	<b>156</b>	<b>61</b>	<b>5920</b>
Building Product Modeling	56	17		4	1	78
Computer-Aided Architectural Design	809	61	42	15	16	943
Computer-Aided Building Design	31	17	6	10	3	67
Design Data Model	47	8	11	1	8	75
Integrated Building Model	4	4	1			9
Integrated Design Model	50	9	3	3	3	68
Integrated Product Model	62	4	15	4		85
Parametric Building Model	11	1	3	1	1	17
Virtual Design and Construction	78	11	3	9	1	102
<b>Total Geral</b>	<b>5399</b>	<b>1098</b>	<b>654</b>	<b>207</b>	<b>94</b>	<b>7452</b>

**Fonte: O autor.**

Foi verificado que, nas amostras acima, havia registros duplicados entre termos e bases diferentes. Para realizar determinadas análises, foi preciso criar uma amostra sem nenhuma duplicação, englobando as referências bibliográficas que representam o conjunto de todos os termos para todo o intervalo de tempo considerado nesta pesquisa. Portanto, o resultado da *amostra com registros únicos*, sem registros duplicados entre termos e bases de dados, está apresentado na Tabela 4.

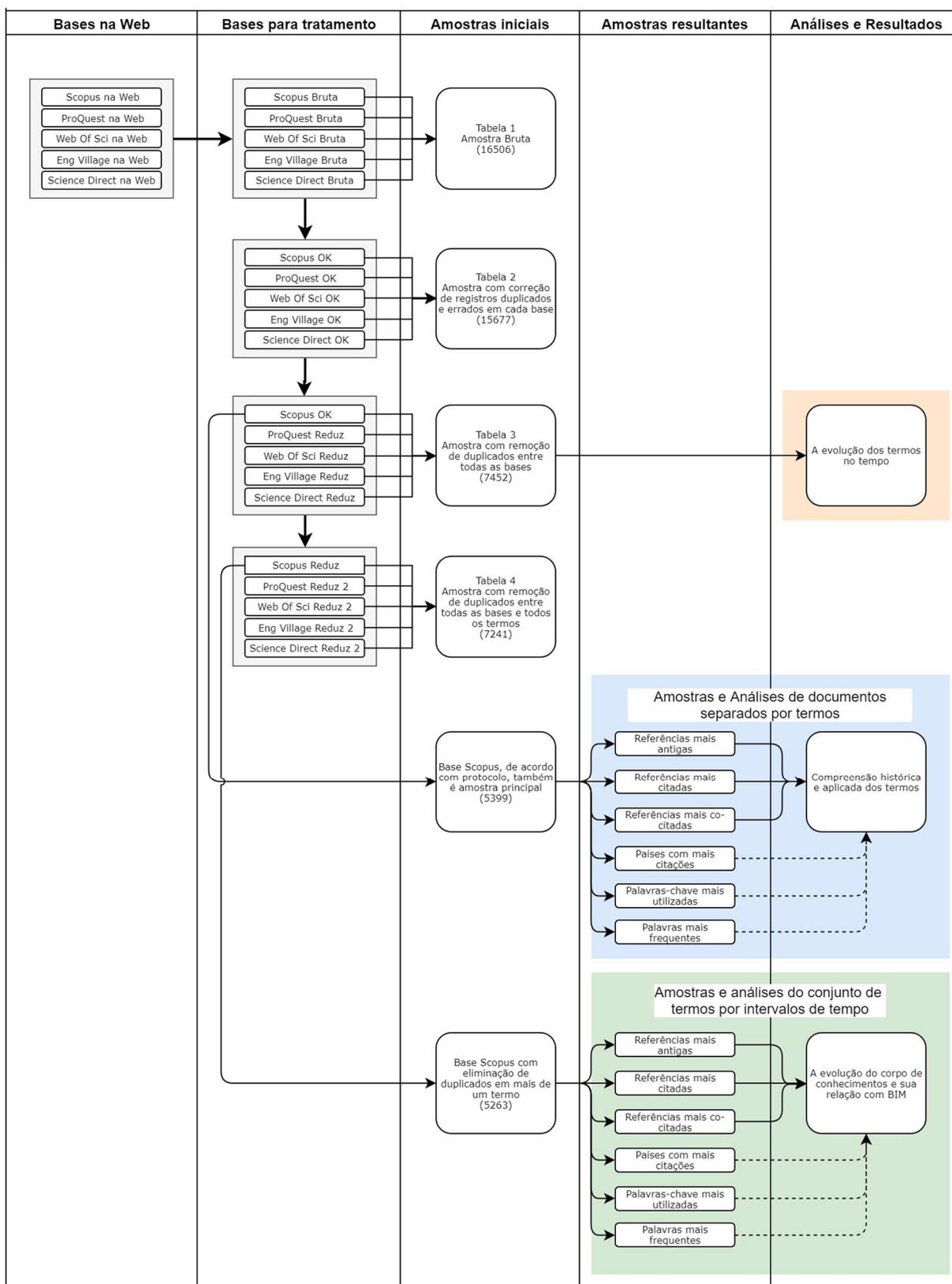
**Tabela 4: Composição da amostra de registros únicos, sem registros duplicados entre termos e bases de dados**

<b>Scopus</b>	<b>Engineering Village</b>	<b>ProQuest</b>	<b>Science Direct</b>	<b>Web of Science</b>	<b>Total Geral</b>
5263	192	1074	90	622	7241

**Fonte: O autor.**

As análises realizadas neste trabalho foram produzidas a partir de mais de uma amostra, dentre as apresentadas acima, para que informações mais detalhadas fossem obtidas. A Figura 3 apresenta a estratégia utilizada para a) a obtenção das amostras resultantes e b) a produção de material para as análises apresentadas no capítulo 4.

**Figura 3: Estratégia para a obtenção de amostras e produção de material para análise**



Fonte: O autor.

### 3.2 ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA

A cienciometria é um ramo das ciências que elabora metodologias para a formulação de indicadores científicos, que pretendem medir insumos e resultados de pesquisas registrados sob a forma de publicações (SPINAK, 1998). É possível afirmar que estes indicadores podem tornar mais evidentes as estruturas das disciplinas científicas, quando utilizados para realizar comparações entre grupos que são analisados sob uma mesma ótica (MACIAS-CHAPULA, 1998).

O uso de técnicas cienciométricas para analisar dados só faz sentido quando se tem uma grande amostra de dados para ser estudada. Desta forma, antes da popularização do uso de computadores, primeiro nas instituições acadêmicas e depois para o público leigo, eram poucos os grupos de pesquisa de dedicavam à coleta e análise de grandes quantidades de dados (PRICE, D. J. D. S., 1963).

“Os trabalhos eram realizados à mão, e mesmo quando eram utilizadas máquinas, ficavam restritos a um determinado país, ou a uma só especialidade, uma revista ou uma instituição. Os resultados eram sempre questionáveis, devido às possíveis fortes idiossincrasias que marcam, naturalmente, os grupos de pesquisa, e pelas mudanças frequentes nas composições destes grupos, causadas por pessoas que mudam de emprego ou de área. Somos afortunados em termos à disposição dados que emergem como se fossem produtos a partir do manejo de máquinas, através de um processo global e amplo de cobertura da produção de literatura em todas as áreas das ciências básicas e aplicadas. Por esta razão os resultados estão, de certo modo, livres de idiossincrasias locais, e podem ser aplicados de forma geral pela comunidade científica” (DE SOLLA PRICE; GÜRSEY, 1975), p. 27, tradução nossa.

É importante ressaltar que o significado atribuído ao termo Cienciometria utilizado para esta pesquisa (SPINAK, 1998) não é o único atribuído a este termo ao longo de tempo. Observa-se, também, que os termos Bibliometria e Informetria são utilizados por diversos autores com o significado que aqui é atribuído ao termo Cienciometria. Para que o entendimento acerca desta terminologia estivesse consolidado para esta pesquisa, fez-se necessário investigar um pouco mais a fundo o tema, para que o método pudesse ser corretamente compreendido, contribuindo para a conclusão do delineamento da pesquisa.

Desta forma, realizadas as leituras sobre as diferenças entre os termos<sup>7</sup>, optou-se, pela estrutura conceitual que coloca a Cienciometria como uma parte da Informetria. A Informetria, por sua vez, é uma área do conhecimento que faz parte das Ciências da Informação (WILSON, C. S., 1999, p. 107). A Informetria agrupa a Cienciometria, a Bibliometria e a Webometria, subdisciplinas que apresentam semelhanças e pontos de convergência, mas que tem características, enfoques e funções que as diferenciam, (VANTI, 2002, p. 152).

No trabalho “Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento” (VANTI, 2002), a pesquisadora Nadia Peres Vanti desenvolve uma tabela, adaptada e ampliada a partir de outros pesquisadores (MCGRATH, 1989; MACIAS-CHAPULA, 1998), relacionando as terminologias (bibliografia, cienciometria, informetria e webometria) a seus subcampos (objetos de estudo, variáveis, métodos e objetivos), de modo a classificar ações, processos e produtos nesta estrutura conceitual. O Quadro 15 é uma adaptação do trabalho de Vanti (2002); a partir dele, foi possível consolidar a compreensão de que as atividades de produção de amostras e análises de dados relacionadas a esta pesquisada se enquadram no campo da Cienciometria.

As métricas escolhidas para realizar o mapeamento e visualização dos dados foram a quantidade de citações, co-ocorrências e co-citações<sup>8</sup>.

---

<sup>7</sup> Para que os conceitos de co-ocorrência e co-citações fossem compreendidos, foi realizada uma pequena investigação sobre o assunto (PRICE, D. J. D. S., 1963; SMALL, 1973; PRICE, D. D. S., 1976; EGGHE; ROUSSEAU, 1995; OSAREH, 1996; GARFIELD, 2001).

<sup>8</sup> A métrica de co-citação indica “a frequência com a qual dois itens da literatura anterior são citados, juntos, em um trabalho posterior... Ao mensurar a força de co-citações, mensuramos o grau de relacionamento ou associação entre publicações, de acordo com a percepção da população de autores que as citam (SMALL, 1973, p. 265, tradução nossa)

**Quadro 15: Comparação das aplicações dos diferentes métodos quantitativos de análise**

	<b>Bibliometria</b>	<b>Cienciometria</b>	<b>Informetria</b>	<b>Webometria</b>
Objetos de estudo	Livros, documentos, revistas, artigos, autores, usuários	Disciplinas, assuntos, áreas e campos científicos e tecnológicos. Patentes, dissertações e teses	Palavras, documentos, bases de dados, comunicações informais (inclusive não científicas), na WWW.	Sítios na WWW (URLs, títulos, tipos, domínios, tamanho e links), motores de busca
Variáveis	Número de empréstimos (circulação) e de citações, frequência de extensão de frases	Fatores que diferenciam as subdisciplinas. Como os cientistas se comunicam	Difere da cienciometria no propósito: por exemplo, medir a eficiência da recuperação da informação, ranquear a relevância, a revocação etc.	Nº de páginas e de links por sítio, nº de links que remetem a um mesmo sítio, nº de sítios recuperados etc.
Métodos	Ranking, frequência, distribuição	Análise de conjunto e correspondência, co-ocorrência de termos, expressões, palavras-chave etc.	Modelo vetor-espaço, modelos booleanos de recuperação, modelos probabilísticos; linguagem de processamento, abordagens baseadas no conhecimento, tesouros	Fator de impacto da Web (FIW), densidade dos links, "sitações", estratégias de busca
Objetivos	Alocar recursos: pessoas, tempo, dinheiro etc.	Identificar domínios de interesse. Onde os assuntos estão concentrados. Compreender como e com qual frequência os cientistas se comunicam	Melhorar a eficiência da recuperação da informação, identificar estruturas e relações dentro dos diversos sistemas de informação	Avaliar o sucesso de determinados sítios, detectar a relevância de países, instituições e pesquisadores na rede e melhorar a eficiência dos motores de busca na recuperação das informações
Terminologia alinhada à esta pesquisa?	Parcialmente, para objeto de estudo, variáveis e métodos. Não, para objetivos	<b>Sim, para todos os subcampos. Algumas das análises estão no campo da bibliometria.</b>	Não	Não

**Fonte: O autor., adaptado de Vanti (2002) (2002)**

Os dados foram interpretados com o auxílio dos softwares *Microsoft Excel* e *VOSviewer* (VAN ECK; WALTMAN, 2009). O *VOSviewer* é especializado em análise de dados pela técnica de mapeamento bibliométrico por visualização de similaridades e conhecido pelas figuras que permitem a análise visual de tendências e padrões de modo dinâmico e intuitivo. O software permite exportar listas de dados em formato texto, para que a análise e comparação de valores possa ser realizada no *Excel*, por exemplo.

A técnica de interpretação das figuras geradas pelo *VOSviewer* utilizada nesta pesquisa faz parte de um método conhecido como Análise de Redes Sociais (*Social Network Analysis*, SNA). O uso de técnicas de SNA para interpretar as figuras tem origem na leitura de Hosseini et al. (2018). Para entender como realizar a

interpretação das figuras, foi realizada uma breve investigação sobre o assunto (BORGATTI et al., 2009; MATUSIAK; MORZY, 2012; POPP et al., 2018). Estes foram os tipos de dados avaliados, com o auxílio do software *VOSviewer*, utilizando as métricas apontadas acima: referências das bases de dados, países de origem dos autores das referências, palavras-chave utilizadas pelos autores, palavras empregadas em títulos e resumos.

A investigação sobre *as palavras-chave mais utilizadas pelos autores* permite estudar o entendimento dos pesquisadores acerca das temáticas que publicam, por meio das palavras-chave que estes escolhem para identificar seus trabalhos. Para realizar as análises sobre *as palavras mais empregadas nos títulos e resumos*, a técnica utilizada pela ferramenta *VOSviewer* calcula a relevância das palavras pelo critério de ocorrências, de forma que as mais utilizadas pelos autores, em seus textos, emergem, ou seja, são evidenciadas. Isto possibilita a realização de análises sobre o significado de conteúdos latentes nos textos da amostra. Os resultados destas análises podem ser cruzados com outros, como as referências mais antigas, mais citadas, mais co-citadas, o alcance geográfico dos termos e os dados sobre o surgimento dos termos no tempo, entre outros.

Os protocolos apresentados a seguir foram utilizados para fazer as *análises comparativas sobre os termos no tempo* e sobre os *significados atribuídos ao conjunto de termos* ao longo do tempo.

### 3.2.1 Protocolos usados para produzir as amostras resultantes

Para produzir as *amostras de referências bibliográficas mais antigas e mais citadas*, foi utilizada a base de dados da Scopus, por ser aquela com maior pontuação entre as que informam a quantidade de citações a um determinado artigo, de acordo com a Tabela 2. Os resultados foram ordenados sob a forma de duas listas, que orientaram a leitura de referências bibliográficas a partir dos seguintes critérios:

1. data de publicação, de modo a encontrar a referência bibliográfica mais antiga que apresenta uma definição original a respeito de um termo; e

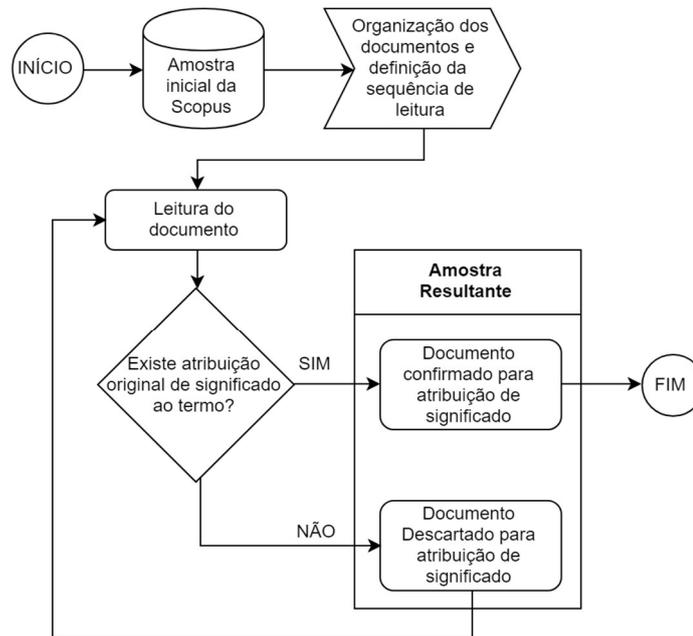
2. número de citações, de modo a encontrar a referência bibliográfica mais citada que contém uma definição original a respeito do termo.

Era sabido que as referências bibliográficas – mais antigas ou mais citadas – poderiam conter ou não definições sobre os termos e, conforme o previsto, três situações ocorreram e são elencadas a seguir:

1. A referência bibliográfica não apresentou nenhuma definição sobre o termo, ou seja, o autor a usa em um contexto de texto corrente. Portanto, não foi considerada como portadora de uma definição para determinado termo, seja pelo critério de antiguidade ou pelo critério de citações. Neste caso, passou-se a leitura da próxima referência bibliográfica (a segunda mais antiga ou a segunda mais citada, e assim por diante).
2. A referência bibliográfica trouxe um significado atribuído ao termo pesquisado, mas tratou-se, na verdade, de uma referência a outro autor, ou autores. Este resultado também não atendeu aos requisitos desta etapa da pesquisa. Passou-se, nestes casos, a ser feita a leitura da próxima referência bibliográfica, como o descrito na situação 1.
3. A referência bibliográfica contém uma definição com significado original atribuído ao termo pesquisado, ou seja, criada pelo próprio autor. Neste caso, foi confirmada como portadora de uma definição sobre o termo, pelo critério de mais antiga ou pelo critério de mais citada ou, alguns casos, pelos dois critérios ao mesmo tempo.

O processo de obtenção da amostra relacionada às referências bibliográficas mais antigas e mais citadas é apresentado na Figura 4.

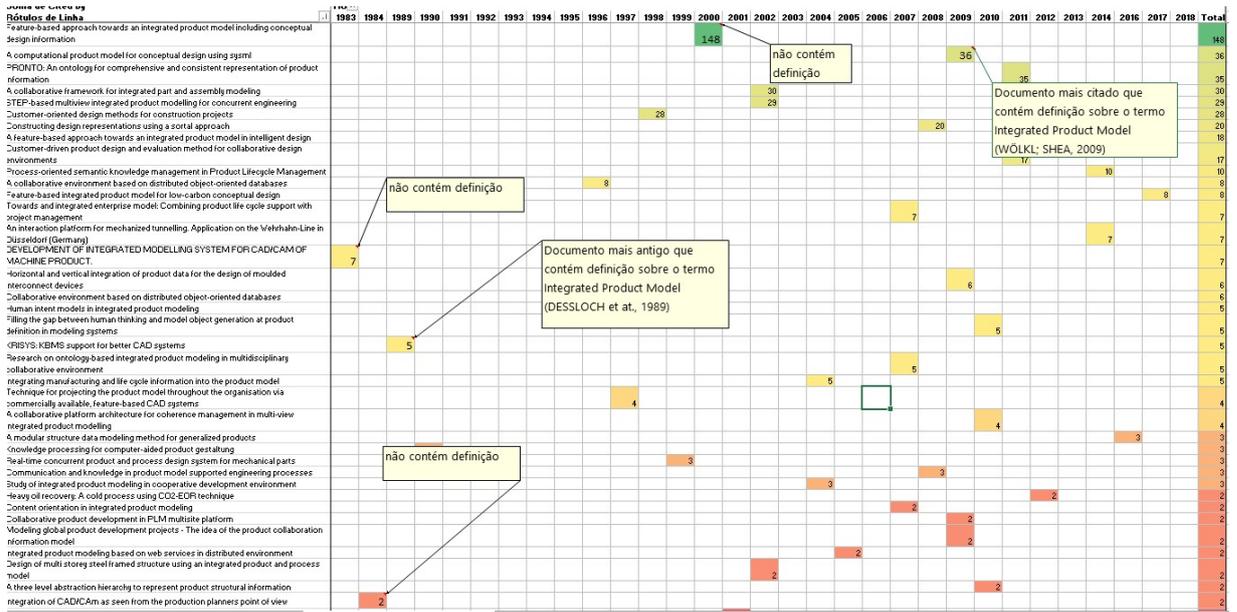
**Figura 4: Processo de obtenção da amostra relacionada às referências bibliográficas mais antigas e mais citadas**



**Fonte: O autor.**

Como exemplo de aplicação do processo, optou-se por exibir a Figura 5, extraída da planilha que reúne os dados relativos ao termo *Integrated Product Model*; nela estão apontados os documentos lidos e que contêm (ou não) definições sobre o termo (a mais antiga e a mais citada). As amostras resultantes deste processo são apresentadas na seção 3.2.2.

**Figura 5: Processo de verificação a respeito do termo Integrated Product Model**



Fonte: O autor.

O protocolo para a produção da *amostra de referências bibliográficas relevantes pela métrica de referências co-citadas* está apresentado no Quadro 16. A amostra resultante deste processo é apresentada pelos Quadros 25 e 26, que estão na seção 3.2.2.

**Quadro 16: Protocolo para a obtenção da amostra de referências bibliográficas relevantes por referências co-citadas**

Etapa	Descrição
Objetivo	Encontrar referências bibliográficas relevantes, reconhecidas pelos pesquisadores, que também podem apresentar significados atribuídos aos termos pesquisados e que podem não estar indexados na base Scopus ou nas outras bases que fizeram parte da RSL.
Aplicação	Produzir tabelas, quadros e figuras que reúnem amostras com referências bibliográficas relevantes para leitura e interpretação de dados, atividades de análise que estão documentadas no capítulo de Resultados
Bases de dados	Derivadas da amostra Scopus com registros duplicados e incorretos eliminados, separadas por termo (12 amostras) e por intervalos de tempo (4 amostras)
Ferramenta	Microsoft Excel 365 Pro Plus e VOSviewer 1.6.11
Opções utilizadas na ferramenta	Co-citation, Fractional counting e Cited references. No critério Weights (peso), a opção utilizada foi Citations
Normalização de termos	Com utilização de arquivo Thesaurus
Ajuste de ocorrências	Sim
Tipos de saída de dados	tabelas exportadas em formato .txt (VOSviewer map file) e figuras em .png

Fonte: O autor.

O protocolo para a produção das *amostras dos países que reúnem a maior quantidade de referências com citações*, por termo e por intervalo de tempo, está

apresentado no Quadro 17. A amostra resultante deste processo é apresentada na seção 4.3.1.

**Quadro 17: Protocolo para a obtenção de dados sobre referências bibliográficas com mais citações por país**

Etapa	Descrição
Objetivo	Mapear a representatividade de países com relação a produção de referências bibliográficas relevantes, relacionadas ao tema da pesquisa. A representatividade dos países foi medida por dois critérios: por termo e por intervalo de tempo
Aplicação	Produzir tabelas, quadros e figuras que organizam os dados de maneira a possibilitar sua interpretação e análise, que estão documentadas no capítulo de Resultados
Bases de dados	Derivadas da amostra Scopus com registros duplicados e incorretos eliminados, separadas por termo (12 amostras) e por intervalos de tempo (4 amostras)
Ferramentas	<i>Microsoft Excel 365 Pro Plus</i> e <i>VOSviewer 1.6.11</i>
Opções utilizadas na ferramenta VOSviewer	<i>Citation, Full counting</i> e <i>Countries</i> . No critério <i>Weights</i> (peso), a opção utilizada foi <i>Citations</i>
Normalização de termos	Com utilização de arquivo Thesaurus
Ajuste de ocorrências	Sim
Tipos de saída de dados	tabelas exportadas em formato .txt ( <i>VOSviewer map file</i> ) e figuras em .png

**Fonte: O autor.**

O protocolo para produzir as *amostras das organizações com mais referências com citações*, por termo e por intervalo de tempo, está apresentado no Quadro 18. A amostra resultante deste processo é apresentada na seção 4.3.2

**Quadro 18: Protocolo para a obtenção de dados sobre referências bibliográficas com mais citações por organização**

Etapa	Descrição
Objetivo	Mapear a representatividade das organizações com relação a produção de referências bibliográficas relevantes, relacionadas ao tema da pesquisa. A representatividade das organizações foi medida por dois critérios: por termo e por intervalo de tempo
Aplicação	Produzir tabelas, quadros e figuras que organizam os dados de maneira a possibilitar sua interpretação e análise, que estão documentadas no capítulo de Resultados
Bases de dados	Derivadas da amostra Scopus com registros duplicados e incorretos eliminados, separadas por termo (12 amostras) e por intervalos de tempo (4 amostras)
Ferramentas	<i>Microsoft Excel 365 Pro Plus</i> e <i>VOSviewer 1.6.11</i>
Opções utilizadas na ferramenta VOSviewer	<i>Citation, Full counting</i> e <i>Countries</i> . No critério <i>Weights</i> (peso), a opção utilizada foi <i>Citations</i>
Normalização de termos	Com utilização de arquivo Thesaurus
Ajuste de ocorrências	Sim
Tipos de saída de dados	tabelas exportadas em formato .txt ( <i>VOSviewer map file</i> ) e figuras em .png

**Fonte: O autor.**

O protocolo para a produção das *amostras das palavras-chave mais empregadas pelos autores*, por termo e por intervalo de tempo, está apresentado no Quadro 19. A amostra resultante deste processo é apresentada na seção 4.3.3.

**Quadro 19: Protocolo para a obtenção de dados sobre as palavras-chave mais utilizadas**

<b>Etapa</b>	<b>Descrição</b>
Objetivo	Encontrar as palavras-chave mais utilizadas pelos autores das referências bibliográficas que fazem parte da amostra, pelo critério de co-ocorrências. O propósito é mapear as temáticas abordadas segundo o entendimento dos pesquisadores. O mapeamento de palavras-chave foi utilizado para produzir informações segundo dois critérios de classificação: por termo e por intervalo de tempo.
Aplicação	Produzir tabelas, quadros e figuras que organizam os dados de maneira a possibilitar sua interpretação e análise, que estão documentadas no capítulo de Resultados.
Bases de dados	Derivadas da amostra Scopus com registros duplicados e incorretos eliminados, separadas por termo (12 amostras) e por intervalos de tempo (4 amostras)
Ferramenta	Microsoft Excel 365 <i>Pro Plus</i> e <i>VOSviewer</i> 1.6.11
Opções utilizadas na ferramenta	<i>Co-occurrence</i> , <i>Fractional counting</i> e <i>Author Keywords</i> . No critério <i>Weights</i> (peso), a opção utilizada foi <i>Ocurrences</i>
Normalização de termos	Com utilização de arquivo Thesaurus
Ajuste de ocorrências	Por exclusão de termos e sinônimos e por exclusão de palavras que aparecem como resultados, mas que não estão relacionadas ao contexto da pesquisa. O Apêndice A apresenta as listas de palavras excluídas para cada todas as amostras em que esta técnica foi utilizada.
Tipos de saída de dados	tabelas exportadas em formato .txt ( <i>VOSviewer map file</i> ) e figuras em .png

**Fonte: O autor.**

O protocolo para a produção das *amostras das palavras mais de uso mais frequente pelos autores*, buscadas nos campos *Título* e *Resumo* das bases de dados, por termo e por intervalo de tempo, está apresentado no Quadro 20.

**Quadro 20: Protocolo para a obtenção de dados sobre as palavras de uso mais frequente**

<b>Etapa</b>	<b>Descrição</b>
Objetivo	Encontrar as palavras mais utilizadas pelos autores das referências bibliográficas que fazem parte da amostra, nos títulos e resumos. O propósito é mapear os assuntos tratados pelos pesquisadores, em seus trabalhos, a partir das palavras que emergem dos resultados. O mapeamento de palavras foi utilizado para produzir informações segundo dois critérios de classificação: por termo e por intervalo de tempo.
Aplicação	Produzir tabelas, quadros e figuras que organizam os dados de maneira a possibilitar sua interpretação e análise, que estão documentadas no capítulo de Resultados.
Bases de dados	Derivadas da amostra Scopus com registros duplicados e incorretos eliminados, separadas por termo (12 amostras) e por intervalos de tempo (4 amostras)
Ferramenta	<i>Microsoft Excel 365 Pro Plus</i> e <i>VOSviewer 1.6.11</i>
Opções utilizadas na ferramenta VOSviewer	<i>Janela Choose Fields: Title and abstract fields; Opções Ignore structured abstract labels e Ignore copyright statements foram ativadas. Janela Counting Method: Full counting No critério Weights (peso), a opção utilizada foi Ourrences</i>
Normalização de termos	Não houve
Ajuste de ocorrências	Por exclusão de termos e sinônimos e por exclusão de palavras que aparecem como resultados, mas que não estão relacionadas ao contexto da pesquisa. O Apêndice A apresenta as listas de palavras excluídas para cada todas as amostras em que esta técnica foi utilizada.
Tipos de saída de dados	tabelas exportadas em formato .txt ( <i>VOSviewer map file</i> ) e figuras em .png

**Fonte: O autor.**

### 3.2.2 Amostras resultantes

Nesta seção são apresentadas as amostras resultantes para a análise de referências mais antigas e mais citadas, de referências bibliográficas mais co-citadas, de países e organizações que tem mais referências citadas ao longo do tempo, de palavras-chave mais utilizadas pelos autores e de palavras (nos títulos e resumos) mais frequentes nos documentos.

Algumas amostras foram produzidas a partir da distribuição dos registros ao longo do tempo. Para tanto, o período analisado por esta pesquisa foi dividido em quatro intervalos de tempo, para todas as amostras: 1962-1984, 1985-2000, 2001-2008 e 2009-2018. O *marco temporal 1984-1985* foi escolhido para dividir um intervalo, por ser o período em que há o início da popularização do microcomputador pessoal (PC) (CERUZZI, 2003, p. 272); em 1984, a primeira versão do ARCHICAD, chamada RADAR-CH, era lançada para computadores Apple Lisa (HISRICH; VECSENYI, 1996; BERGIN, 2012b) e um ano depois, o AutoCAD, lançado em 1982, se tornou a solução para projetos mais utilizada em PCs no mundo todo, (WALKER, 1994, p. 252).

O *marco temporal 2000-2001* foi escolhido por ser a época em que a internet começou a atingir alcance global (SLATER III, 2002), p. 18 a 20), o que pode ter favorecido a troca de informações e a colaboração entre empresas e instituições acadêmicas do mundo todo; na virada do milênio, foram lançados os softwares Revit (SWARTS et al., 2004) e SketchUp (KHEMLANI, 2004b) e o termo *Building Information Modeling* estava para surgir. Com relação à bases de dados científicas, a Elsevier havia lançado, em 1997, a *Science Direct*, depois de 6 anos do lançamento da base TULIP, sua primeira experiência (ELSEVIER, 2019) e a *Web of Knowledge* foi lançada um pouco depois, em 2002 (CLARIVATE, 2019).

O *marco temporal 2008-2009* é justificado pela popularização do uso do acrônimo BIM pela academia e indústria, conforme estudo já publicado e que faz parte desta pesquisa (GASPAR; RUSCHEL, 2017). Esta época é marcada pelo início do uso dos celulares para acessarem a internet (GLOBALSTATS, 2019) e com a popularização das redes sociais modernas: o *Facebook* estava crescendo de forma acelerada desde 2006, ano de lançamento do *Twitter*; as plataformas *Tumblr* (2007), *Spotify* e *Groupon* (2008) haviam sido lançadas, seguidas pelo *WhatsApp* (2009), *Instagram* (2010) e *Snapchat* (2011). As redes sociais, em 2010, atendiam a cerca de 970 milhões de pessoas (MACFADDEN, 2018). Importantes bases de dados acadêmicas foram lançadas nesta época: *ProQuest Dialog*, em 2008 (PROQUEST, 2008) e, um pouco antes, a *Scopus* em 2004 (ELSEVIER, 2019).

Para a obtenção das *amostras resultantes de referências bibliográficas mais antigas e mais citadas*, as 5399 referências encontradas na *Scopus* foram classificadas e identificadas conforme o procedimento descrito a partir da seção 3.2.1. A partir desta classificação, 72 referências bibliográficas foram lidas e, portanto, qualificadas como amostra, dando origem a quatro quadros.

Os Quadros 21 e 22 relacionam as referências bibliográficas pelos termos, listando as: a) mais antigas e que apresentam significado atribuído ao termo, para todos os termos pesquisados e b) mais citadas e que apresentam significado atribuído ao termo, para todos os termos pesquisados. Os Quadros 23 e 24 relacionam as referências bibliográficas por intervalo de tempo, listando as: a) mais antigas e que

apresentam significado atribuído a qualquer um dos termos pesquisados, dentro do intervalo de tempo considerado e b) mais citadas e que apresentam significado atribuído a qualquer um dos termos pesquisados, dentro do intervalo de tempo pesquisado.

Em todos os quadros, estão identificadas e listadas a) as referências que tiveram as definições sobre termos confirmadas e b) as referências que não tiveram as definições sobre seus termos confirmadas, até que se encontrasse a primeira referência com uma definição confirmada sobre o termo. O Quadro 21 apresenta as referências bibliográficas relacionadas por termos e listadas quanto ao critério de antiguidade. Foram lidas 26 referências e, em 14 casos, foram encontrados significados atribuídos a termos.

**Quadro 21: Referências bibliográficas relacionadas aos termos listadas por critério de antiguidade**

Termo	Critério	Referência	Significado?
Automated Building Design	1º mais antiga	(SCHWARZ; BERRY; SHAVIV, 1994), p. 748)	Sim
Building Description System	1º mais antiga	(EASTMAN; LIVIDINI; STOKER, 1975), p. 603)	Sim
Building Design System	1º mais antiga	(LESNIAK; GRODZKI; WINIARSKI, 1975), p. 169)	Sim
Building Information Model	1º mais antiga	(VAN NEDERVEEN; TOLMAN, 1992), p. 215)	Sim
Building Information Modeling	1º mais antiga	(KOSTUR, 2003)	Não
Building Information Modeling	2º mais antiga	(HAYMAKER et al., 2004)	Não
Building Information Modeling	3º mais antiga	(FU et al., 2004), p. 438	Sim
Building Product Model	1º mais antiga	(BJÖRK, 1989), p. 78)	Sim
Computer-Aided Architectural Design	1º mais antiga	(FORWOOD, 1972)	Não
Computer-Aided Architectural Design	2º mais antiga	(EASTMAN, 1974), p. 121)	Sim
Computer-Aided Building Design	1º mais antiga	(WILSON, A. J.; L BRITCH; TEMPLEMAN, 1974)	Não
Computer-Aided Building Design	2º mais antiga	(STAHL et al., 1983)	Não
Computer-Aided Building Design	3º mais antiga	(PERKOWSKI, 1988)	Não
Computer-Aided Building Design	4º mais antiga	(FAZIO; BEDARD; GOWRI, 1989)	Não
Computer-Aided Building Design	5º mais antiga	(THAM; LEE; GERO, 1990)	n/d
Computer-Aided Building Design	6º mais antiga	(CLARKE; MAC RANDAL, 1991)	n/d
Computer-Aided Building Design	7º mais antiga	(DUBOIS, 1990)	Não
Computer-Aided Building Design	8º mais antiga	(CLARKE; MAC RANDAL, 1991), p. 36	Sim
Design Data Model	1º mais antiga	(FOISSEAU, J.; VALETTE, F., 1982), p. 321)	Sim
Integrated Building Model	1º mais antiga	(EASTMAN, 1980), p. 115)	Sim
Integrated Design Model	1º mais antiga	(HUEBEL; RULAND; SIEPMANN, 1992), p. 452)	Sim
Integrated Product Model	1º mais antiga	(IWATA; ARAI, 1982)	Não
Integrated Product Model	2º mais antiga	(MOSENG; NES, 1984)	Não
Integrated Product Model	3º mais antiga	(DESSLOCH et al., 1989), p. 173)	Sim
Parametric Building Model	1º mais antiga	(HAITHCOAT; SONG; HIPPLE, 2001), p. 74)	Sim
Virtual Design and Construction	1º mais antiga	(KAM; FISCHER, 2004), p. 56)	Sim

Fonte: O autor.

O Quadro 22 apresenta as referências bibliográficas relacionadas por termos e listadas quanto ao critério de maior número de citações. Conforme o procedimento descrito a partir da seção 3.2.1, foram lidas 32 referências e, em 14 casos, foram encontrados significados atribuídos a termos. O Quadro 23 apresenta as referências bibliográficas relacionadas pelos intervalos de tempo, para quaisquer um dos termos que fazem parte da pesquisa, e listados quanto ao critério de antiguidade. Foram lidas 5 referências bibliográficas e, em 4 casos, foram encontrados significados atribuídos a termos. O termo encontrado em cada referência bibliográfica, para cada intervalo de tempo, está indicado na tabela.

**Quadro 22: Referências relacionadas aos termos e listadas por critério de mais citadas**

Termo	Critério	Referência	Significado?
<b>Automated Building Design</b>	<b>1º mais citada</b>	<b>(LEE, J.-K. et al., 2012) p. 203</b>	<b>Sim</b>
<b>Building Description System</b>	<b>1º mais citada</b>	<b>(EASTMAN, 1976) p. 17</b>	<b>Sim</b>
<b>Building Design System</b>	<b>1º mais citada</b>	<b>(AUGENBROE, 1992), p. 149</b>	<b>Sim</b>
<b>Building Information Model</b>	<b>1º mais citada</b>	<b>(VOLK; STENGEL; SCHULTMANN, 2014), p. 111</b>	<b>Sim</b>
<b>Building Information Modeling</b>	<b>1º mais citada</b>	<b>(SUCCAR, 2009a), p. 357</b>	<b>Sim</b>
Building Product Model	1º mais citada	(CEROVSEK, 2011)	Não
<b>Building Product Model</b>	<b>2º mais citada</b>	<b>(BJÖRK, 1989), p. 78</b>	<b>Sim</b>
Computer-Aided Architectural Design	1º mais citada	(MERRELL; SCHKUFZA; KOLTUN, 2010)	Não
Computer-Aided Architectural Design	2º mais citada	(ARAYICI, 2008)	Não
<b>Computer-Aided Architectural Design</b>	<b>3º mais citada</b>	<b>(AISH, 1979), p. 70</b>	<b>Sim</b>
Computer-Aided Building Design	1º mais citada	(NGUYEN; OLOUFA; NASSAR, 2005)	Não
<b>Computer-Aided Building Design</b>	<b>2º mais citada</b>	<b>(GALLE, 1995) p. 191</b>	<b>Sim</b>
Design Data Model	1º mais citada	Fuhr (FUHR et al., 1997)	Não
Design Data Model	2º mais citada	(LAKSHMANAN et al., 1997)	Não
Design Data Model	3º mais citada	(BAXTER et al., 2007)	Não
Design Data Model	4º mais citada	(DEY; SARKAR, 1996)	Não
Design Data Model	5º mais citada	(BRACEWELL; AHMED; WALLACE, 2004)	Não
Design Data Model	6º mais citada	(NAVARRO; BAEZA-YATES)	Não
<b>Design Data Model</b>	<b>7º mais citada</b>	<b>(LI, L.; LIU, 2012) p. 347</b>	<b>Sim</b>
Integrated Building Model	1º mais citada	(BUONOMANO et al., 2016)	Não
<b>Integrated Building Model</b>	<b>2º mais citada</b>	<b>(EASTMAN, 1980) p. 115</b>	<b>Sim</b>
Integrated Design Model	1º mais citada	(ABRAHAMSON et al., 2000)	Não
Integrated Design Model	2º mais citada	(ZHA; DU, 2006)	Não
Integrated Design Model	3º mais citada	(BRISAUD; TICHKIEWITCH, 2000)	Não
Integrated Design Model	4º mais citada	(BRACEWELL ROB et al., 2007)	Não
Integrated Design Model	5º mais citada	(BONEV et al., 2015)	Não
<b>Integrated Design Model</b>	<b>6º mais citada</b>	<b>(BRAUKHANE; QUANTIUS, 2011), p. 383</b>	<b>Sim</b>
Integrated Product Model	1º mais citada	(BRUNETTI; GOLOB, 2000)	Não
<b>Integrated Product Model</b>	<b>2º mais citada</b>	<b>(WÖLKL; SHEA, 2009), p. 1</b>	<b>Sim</b>
<b>Parametric Building Model</b>	<b>1º mais citada</b>	<b>(SACKS; EASTMAN; LEE, 2004), 299</b>	<b>Sim</b>
Virtual Design and Construction	1º mais citada	(AZHAR, 2011)	Não
<b>Virtual Design and Construction</b>	<b>2º mais citada</b>	<b>(KHANZODE; FISCHER; REED, 2008), p. 325</b>	<b>Sim</b>

**Fonte: O autor.**

**Quadro 23: Referências relacionadas por intervalo de tempo e listados por critério antiguidade**

Intervalo de tempo	Critério	Referência e acrônimo	Significado?
<b>1965 a 1984</b>	<b>1º mais antiga</b>	<b>(EASTMAN, 1974), p. 4, CAAD</b>	<b>Sim</b>
1985 a 2000	1º mais antiga	(CARRAR; KALAY, 1994)	n/d
<b>1985 a 2000</b>	<b>2º mais antiga</b>	<b>(MITCHELL, 1986), p.160, BDPS</b>	<b>Sim</b>
<b>2001 a 2008</b>	<b>1º mais antiga</b>	<b>(HAITHCOAT; SONG; HIPPLE, 2001), p. 74, PBM</b>	<b>Sim</b>
<b>2009 a 2018</b>	<b>2º mais antiga</b>	<b>(FU et al., 2004), BIM</b>	<b>Sim</b>

**Fonte: O autor.**

O Quadro 24 apresenta as referências bibliográficas relacionadas pelos intervalos de tempo, para quaisquer um dos termos que fazem parte da pesquisa, e listados quanto ao critério de mais citadas. Foram lidas 4 referências bibliográficas e, em 4 casos, foram encontrados significados atribuídos a termos. O termo encontrado em cada referência bibliográfica, para cada intervalo de tempo, está indicado na tabela.

**Quadro 24: Referências bibliográficas relacionadas por intervalo de tempo e listados por critério de mais citadas**

Intervalo de tempo	Critério	Referência	Significado?
1965 a 1984	1º mais citada	(EASTMAN, 1976), p. 17, BDPS	Sim
1985 a 2000	1º mais citada	(BJÖRK, 1989), p. 78, BPM	Sim
2001 a 2008	1º mais citada	(HOWARD; BJÖRK, 2008), p. 271, BIM	Sim
2009 a 2018	1º mais citada	(VOLK; STENGEL; SCHULTMANN, 2014), BIM	Não

**Fonte: O autor.**

Às leituras realizadas a partir das indicações que emergiram das representadas pelos Quadros 21 a 24 se somaram outras, oriundas da pesquisa sobre referências mais co-citadas, representadas pelos Quadros 25 e 26. Outros dados, apresentados em tabelas e figuras, exibem o mapeamento da difusão do uso dos termos, acrônimos, palavras-chave atribuídas pelos pesquisadores ao conteúdo que produzem, assim como o conteúdo implícito produzido por estes; estas informações foram relacionadas aos países, por intervalo de tempo, usando a técnica de visualização de similaridades, com o *VOSviewer*. Este conjunto de informações compõem os resultados apresentados e interpretados no Capítulo 4.

*As amostras resultantes de referências bibliográficas relevantes pela métrica de referências co-citadas*, por termo e por intervalo de tempo, foram obtidas a partir da amostra de referências encontradas na base de dados Scopus. A técnica de co-citações, usada na obtenção destas amostras, permite “estabelecer um *cluster*, ou *core*, de literatura anterior, a respeito de uma determinada especialidade”, (SMALL, 1973, p. 268, tradução nossa). Neste caso, a métrica de co-citações foi utilizada para encontrar referências bibliográficas relevantes, reconhecidas pelos pesquisadores, que podem apresentar a) significados atribuídos aos termos pesquisados ou b) conteúdo que influencia de modo estrutural a atribuição de significado ao termo por outros autores, e que pode não estar indexado à base Scopus ou a outras que fizeram parte da RSL.

Para cada termo pesquisado foi gerada uma lista com as referências mais co-citadas: foi realizada a leitura da referência bibliográfica mais co-citada, para verificar se nele havia algum significado atribuído ao termo, conforme o Quadro 25. Nesta etapa da pesquisa, a existência do termo no corpo do texto, *ipsis litteris*, não foi considerada

obrigatória, uma vez que a relevância da referência bibliográfica mais co-citada tem a ver com a influência que esta teve sobre os pesquisadores que a citam e, portanto, nem sempre irá trazer o termo ou sua definição exatamente como procurado.

**Quadro 25: Referências mais co-citadas para a análise dos significados atribuídos aos termos**

Termo	Critério	Referência	Significado
Automated Building Design	1º mais co-citada	(LEVIN, 1964)	n/d
Automated Building Design	2º mais co-citada	(LEW; BROWN, 1970)	n/d
Automated Building Design	3º mais co-citada	(GRASON, 1970)	n/d
<b>Automated Building Design</b>	<b>4º mais co-citada</b>	<b>(MAVER, 1970)</b>	<b>Sim</b>
<b>Building Description System</b>	<b>1º mais co-citada</b>	<b>(EASTMAN; LIVIDINI; STOKER, 1975)</b>	<b>Sim</b>
<b>Building Design System</b>	<b>1º mais co-citada</b>	<b>(FENVES et al., 1990)</b>	<b>Sim</b>
<b>Building Information Modeling</b>	<b>1º mais co-citada</b>	<b>(EASTMAN et al., 2011)</b>	<b>Sim</b>
<b>Building Product Model</b>	<b>1º mais co-citada</b>	<b>(EASTMAN, 1999a)</b>	<b>Sim</b>
<b>Computer-Aided Architectural Design</b>	<b>1º mais co-citada</b>	<b>(KOLAREVIC, 2003)</b>	<b>Sim</b>
<b>Computer-Aided Building Design</b>	<b>1º mais co-citada</b>	<b>(GRIFFIS; STURTS, 2000)</b>	<b>Sim</b>
<b>Design Data Model</b>	<b>1º mais co-citada</b>	<b>(HALASZ, 2001)</b>	<b>Sim</b>
Integrated Building Model	-	Qtd. insuficiente de referências	
Integrated Design Model	-	Qtd. insuficiente de referências	
<b>Integrated Product Model</b>	<b>1º mais co-citada</b>	<b>(MCMAHON; LOWE; CULLEY, 2004)</b>	<b>Sim</b>
Parametric Building Model	1º mais co-citada	(MAYER, 1999)	Não
<b>Parametric Building Model</b>	<b>2º mais co-citada</b>	<b>(EASTMAN, 1999a)</b>	<b>Sim</b>
<b>Virtual Design and Construction</b>	<b>1º mais co-citada</b>	<b>(EASTMAN et al., 2011)</b>	<b>Sim</b>

**Fonte: O autor.**

O Quadro 26 apresenta as referências bibliográficas relacionadas pelos intervalos de tempo, para quaisquer um dos termos que fazem parte da pesquisa, e listadas quanto ao critério de mais co-citadas. Foram lidas 5 referências e, em 4 casos, foram encontrados significados atribuídos a termos. O termo encontrado em cada referência, para cada intervalo de tempo, está indicado na tabela.

**Quadro 26: Referências mais co-citadas para a análise da evolução do corpo de conhecimento**

Intervalo	Critério	Referência	Significado?
1962 a 1984	1º mais co-citada	(EASTMAN, 1975), BDGS	n/d
<b>1962 a 1984</b>	<b>2º mais co-citada</b>	(MITCHELL, 1977), p. 66, BDPS	<b>Sim</b>
<b>1985 a 2000</b>	<b>1º mais co-citada</b>	(GIELINGH, 1988), p. 168, GARM	<b>Sim</b>
<b>2001 a 2008</b>	<b>1º mais co-citada</b>	(EASTMAN, 1999b), prefácio, BPM	<b>Sim</b>
<b>2009 a 2018</b>	<b>1º mais co-citada</b>	(SUCCAR, 2009a), p. 357, BIM	<b>Sim</b>

**Fonte: O autor.**

Além das leituras que contribuem para as investigações sobre os significados atribuídos aos termos e sobre a evolução dos significados e termos no tempo, os dados das amostras representadas pelas Tabelas 4 e 5 e Quadros 19 e 20 foram utilizados para gerar figuras que exibem o relacionamento entre os referências bibliográficas mais co-citadas, por termo e por intervalo de tempo, por meio da

técnica de visualização de similaridades, com o *VOSviewer*. A interpretação destas figuras, junto a outras informações, faz parte da composição dos resultados apresentados no Capítulo 4.

A amostra da relação entre a quantidade de países, termos e faixa de citações sintetizou informações sobre o alcance geográfico da utilização dos termos, com o propósito de colaborar com as discussões a respeito de suas origens e de como se deu a sua popularização. A Tabela 5 apresenta a amostra da quantidade de países que tem determinado número de citações para seu conjunto de referências, para cada termo pesquisado. Estas informações foram utilizadas na discussão de todas as definições de termos do capítulo 4. A coluna destacada em cinza, por exemplo, indica que 46 países têm, individualmente, uma ou mais referências que incluem o termo *Building Information Modeling* e que, somadas, foram citadas entre 40 e 79 vezes.

**Tabela 5: Qtd. de países com determinado nº de citações para suas referências, para cada termo**

Termos e quantidade de países por faixas de citações	1 a 4	5 a 9	10 a 19	20 a 39	40 a 79	80 a 159	160 a 319	320 a 639	640 a 1279	1280 a 2559	2560 a 5119	5120 e +
<b>Building Information Modeling</b>	70	59	54	49	46	40	29	21	14	9	4	1
Computer-Aided Architectural Design	38	30	23	19	13	4	2					
Virtual Design and Construction	20	13	10	5	4	3	1	1				
Integrated Design Model	18	16	12	11	8	5	2					
Building Design System	17	10	9	6	4	3						
Design Data Model	16	11	11	8	4	3	1					
Building Product Model	14	13	10	10	8	5	5	1				
Integrated Product Model	13	10	8	4								
Computer-Aided Building Design	11	4	3	3	1							
Parametric Building Modeling	6	6	4	3	3	3	1					
Integrated Building Model	4	4	4	3	3	3	1					
Automated Building Design	4	4	3	3	3							
Building Description System	2	2	1	1	1							

**Fonte: O autor.**

A Tabela 6 mostra a quantidade de países com mais citações para seu conjunto de referências, por intervalo de tempo.

**Tabela 6: Qtd. de países com mais citações para referências, por faixa de citações e por intervalo de tempo**

Intervalo e faixas de cit.	1	2 a 3	4	5 a 9	10 a 19	20 a 39.	40 a 79	80 a 159	160 a 319	320 e +
1965 a 1984	10	4								
1985 a 2000	31	21	13	11	5					
2001 a 2008	40	32	16	16	8					
2009 a 2018	88	73	64	58	51	37	32	16	9	4

**Fonte: O autor.**

O Quadro 27 exibe o ranking de países que tem mais citações para seu conjunto de referências por intervalo de tempo. O detalhamento destas informações está retratado nas Figuras 15 a 20 e suas respectivas análises.

**Quadro 27: Ranking de países que tem mais citações para seu conjunto de referências, por intervalo de tempo**

Intervalo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1965 a 1984	GBR	USA	AUS	NOR	POL	JPN	BEL	FRA	ITA	SAU
1985 a 2000	USA	DEU	CAN	FIN	AUT	NDL	SVN	ITA	CHE	DNK
2001 a 2008	USA	GBR	ISR	FIN	CAN	AUS	DEU	HKG	SGP	CHI
2009 a 2018	USA	GBR	AUS	KOR	DEU	CHI	CAN	HKG	ISR	NDL
1962 a 2018	USA	GBR	AUS	KOR	DEU	CHI	CAN	HKG	FIN	NDL

**Fonte: O autor.**

O Quadro 28 exibe os 10 países com mais citações para seu conjunto de referências, por termo.

**Quadro 28: Ranking de países que tem mais citações para pelo menos uma referência, por termo**

Termos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Building Information Modeling</b>	USA	GBR	AUS	KOR	DEU	CHI	CAN	ISR	HKG	FIN
Computer-aided Architectural Design	USA	GBR	CHI	CHE	PRT	KOR	AUS	NLD	DEU	SGP
Integrated Design Model	USA	ITA	CHI	SGP	GBR	FRA	DNK	DEU	JPN	CAN
Building Product Model	FIN	USA	SVN	DNK	CAN	IRL	GBR	SWE	DEU	FRA
Design Data Model	USA	DEU	AUS	GBR	CAN	CHL	CHI	POL	ITA	KOR
Building Design System	CHE	NLD	USA	GBR	ISR	DNK	AUS	CAN	IRL	DEU
Virtual Design and Construction	USA	CAN	HKG	AUS	BRA	CHL	NLD	DNK	CHI	NOR
Integrated Product Model	DEU	SVN	CHI	NLD	ARG	HKG	FIN	CAN	HUN	GBR
Computer-aided Building Design	USA	GBR	DNK	AUS	FIN	SAU	SWE	CAN	KOR	FRA
Parametric Building Model	DEU	USA	ISR	HKG	AUS	NLD	CHI			
Integrated Building Model	ITA	USA	AUS	POL						
Automated Building Design	USA	KOR	ISR	FIN						
Building Description System	USA	MYS	ITA							

**Fonte: O autor.**

O Quadro 29 exibe a *amostra dos termos encontrados entre as palavras-chave*, por intervalo de tempo e frequência de co-ocorrência. Os termos estão representados por seus acrônimos.

**Quadro 29: Quantidade de termos encontrados entre as palavras-chave por intervalo de tempo e faixas de co-ocorrência**

Intervalos e faixas de co-ocorrências	1 a 9	10 a 19	20 a 39	40 a 79	80 a 159	160 e +
1965 a 1984	CAAD					
1985 a 2000	CAAD DDM CABD BDPS	IPM BPM BIM				
2001 a 2008	BIM CAAD BPM CABD VDC BPM	IPM IDM DDM ABD BDPS PBM	BIM CAAD			
2009 a 2018	BIM VDC CAAD BDGS	IDM IPM PBM	BIM VDC CAAD	BIM VDC	BIM	BIM BIM

**Fonte: O autor.**

O Quadro 30 exibe a *amostra dos termos encontrados nas palavras empregadas nos títulos e resumos*, por intervalo de tempo e faixa de co-ocorrências. Os termos estão representados por seus acrônimos.

**Quadro 30: Quantidade de termos encontrados entre as palavras empregadas em títulos e resumos**

Intervalos e faixas de co-ocorrências	1 a 9	10 a 19	20 a 39	40 a 79	80 a 159	160 a 319	320 a 639	640 a 1279	1280 e +
1962 até 1984	CAAD BDGS BDPS CABD	DDM IPM ABD IBM	CAAD						
1985 a 2000	BPM CAAD IPM IDM BDPS	DDM IBM CABD ABD BIM	BPM CAAD BDGS IPM	BPM CAAD					
2001 a 2008	BIM BPM IPM CAAD IDM	VDC DDM BDGS PBM IBM	BIM BPM IPM CAAD	BIM BPM	BIM BIM				
2009 a 2018	BIM VDC CAAD IDM IPM ABD	BDPS CABD DDM IBM PBM	BIM VDC CAAD IDM IPM	BIM VDC CAAD IDM IPM	BIM VDC VDC	BIM BIM	BIM BIM	BIM BIM	BIM

**Fonte: O autor.**

O Quadro 31 foi elaborado para se comparar a quantidade de termos encontrados nas palavras empregadas nos títulos e resumos (Quadro 29) com a quantidade encontrada nas palavras-chave mais utilizadas pelos autores (Quadro 28). Percebeu-se que, na maior parte dos casos, os conteúdos dos trabalhos contêm mais termos do que os apresentados no conjunto de palavras-chave. A exceção ocorre na amostra de 2001 a 2008, quando há maior variedade de termos nas palavras-chave do que nos conteúdos dos trabalhos. Observou-se, portanto, que a maior parte dos termos é utilizada pelos pesquisadores no corpo de seus textos, mas não os aproveitam como palavras-chaves.

**Quadro 31: Comparativo de quantidade de termos encontrados**

<b>Crêterios</b>	<b>Pal. Ch.</b>	<b>Pal. Tit. Res.</b>	<b>Pal. Ch.</b>	<b>Pal. Tit. Res.</b>	<b>Pal. Ch.</b>	<b>Pal. Tit. Res.</b>	<b>Pal. Ch.</b>	<b>Pal. Tit. Res.</b>	<b>Pal. Ch.</b>	<b>Pal. Tit. Res.</b>	<b>Pal. Ch.</b>	<b>Pal. Tit. Res.</b>
Faixas de co-ocorr�ncias	1 a 9	1 a 9	10 a 19	10 a 19	20 a 39	20 a 39	40 a 79	40 a 79	80 a 159	80 a 159	160 e +	160 e +
1965 at� 1984	CAAD	CAAD BDGS BDPS CABD DDM IPM ABD IBM		CAAD								
1985 a 2000	CAAD DDM CABD BDPS IPM BPM BIM	CAAD DDM CABD BDPS IPM BPM IDM IBM ABD BIM		BPM CAAD BDPS IPM		BPM CAAD						
2001 a 2008	BIM CAAD BPM IPM IDM VDC DDM PBM BDPS IBM CABD ABD	BIM CAAD BPM IPM IDM VDC DDM PBM BDPS IBM	BIM CAAD	BIM CAAD BPM IPM		BIM BPM		BIM		BIM		
2009 a 2018	BIM VDC CAAD IDM IPM PBM BDGS	BIM VDC CAAD IDM IPM PBM ABD BDPS CABD DDM IBM	BIM VDC CAAD	BIM VDC CAAD IDM IPM	BIM VDC	BIM VDC CAAD IDM IPM	BIM	BIM VDC	BIM	BIM VDC	BIM	BIM

**Fonte: O autor.**

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

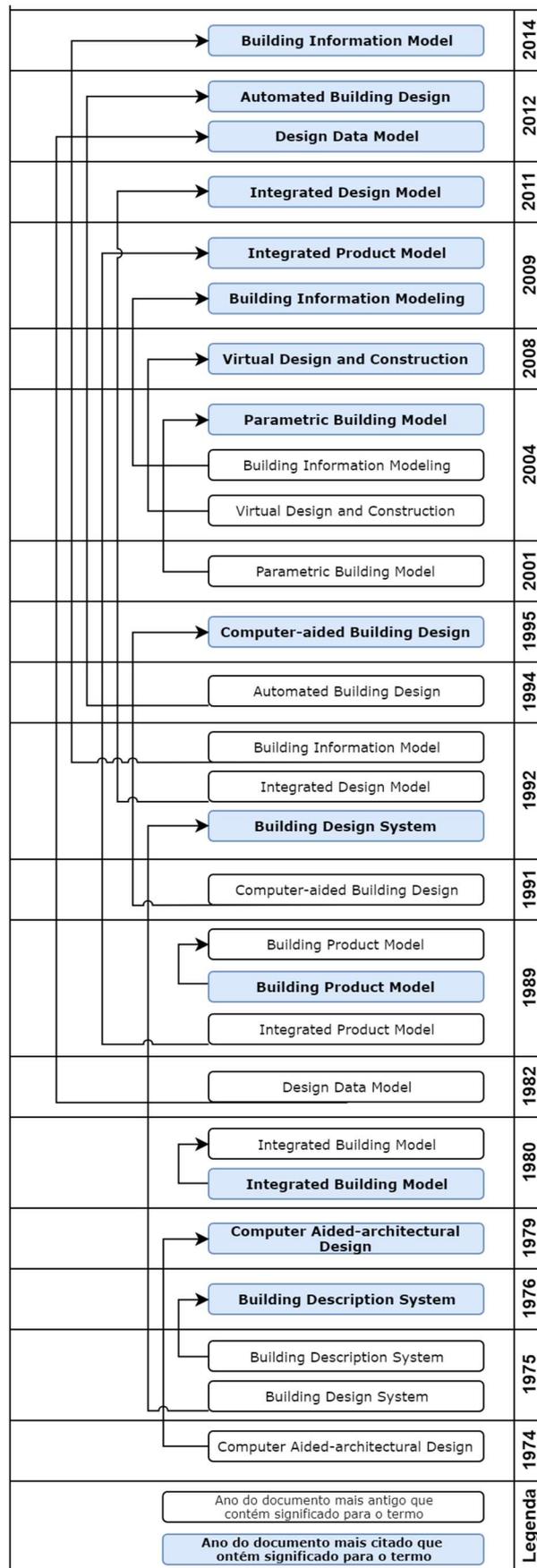
Nesta seção são apresentados os produtos da análise das amostras, sob a forma de figuras, tabelas e descrições, compostas pelas análises sobre (a) a evolução dos termos no tempo, com comparações entre os termos (b) a compreensão histórica e aplicada dos termos e (c) o significado atribuído ao corpo de conhecimento relacionado a BIM. Junto a cada resultado, apresentam-se discussões e reflexões sobre os dados obtidos, e de que forma podem ser interpretados em relação aos pressupostos e objetivos de pesquisa. Devido à enorme quantidade de dados recolhidas e analisadas, algumas das discussões realizadas neste trabalho refletem observações que utilizam informações que não estão inteiramente retratadas neste documento, mas que estão integralmente documentadas e roteirizadas em formato digital, à disposição de todo e qualquer interessado, pelo link <https://sites.google.com/view/osignificadodebim>.

### 4.1 A EVOLUÇÃO DOS TERMOS NO TEMPO

As informações apresentadas nesta seção são resultantes da amostra que contém os registros de todas as bases, representada nesta pesquisa pela Tabela 2, e foram sintetizadas em oito figuras e duas tabelas, utilizadas na realização das análises acerca da evolução dos termos no tempo.

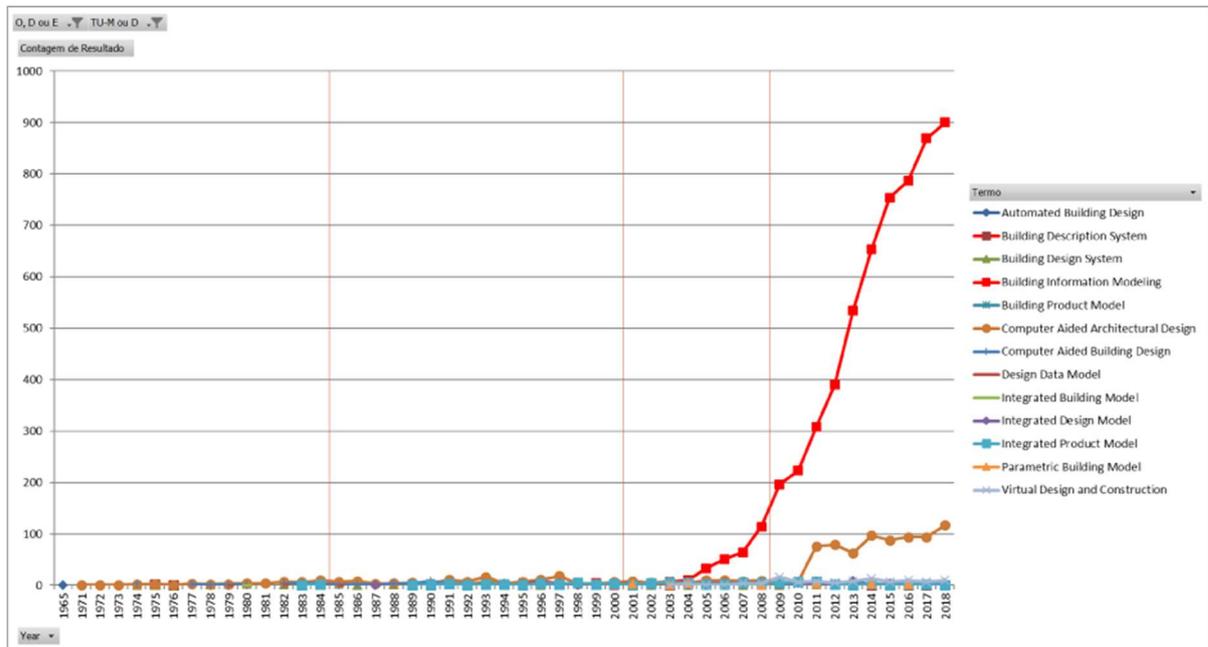
A linha do tempo esquemática apresentada na Figura 6 foi construída a partir das amostras resultantes representadas pelos Quadros 16 e 17. Nela, as etiquetas que estão sem preenchimento e que contém os termos escritos sem negrito indicam em que ano foram encontradas as publicações que contém determinado termo com atribuição a seu significado. As etiquetas que estão preenchidas e que contém os termos escritos **em negrito** indicam o ano em que foram encontradas as publicações mais citadas que contém determinado termo com atribuição a seu significado. As Figuras 7 a 12 e as Tabelas 7 e 8 apresentam as análises globais sobre a incidência dos termos ao longo do tempo. Na Figura 7, a quantidade de referências encontrados por termo é apresentada para o período de 1965 a 2018.

**Figura 6: Linha do tempo esquemática**



**Fonte: O autor.**

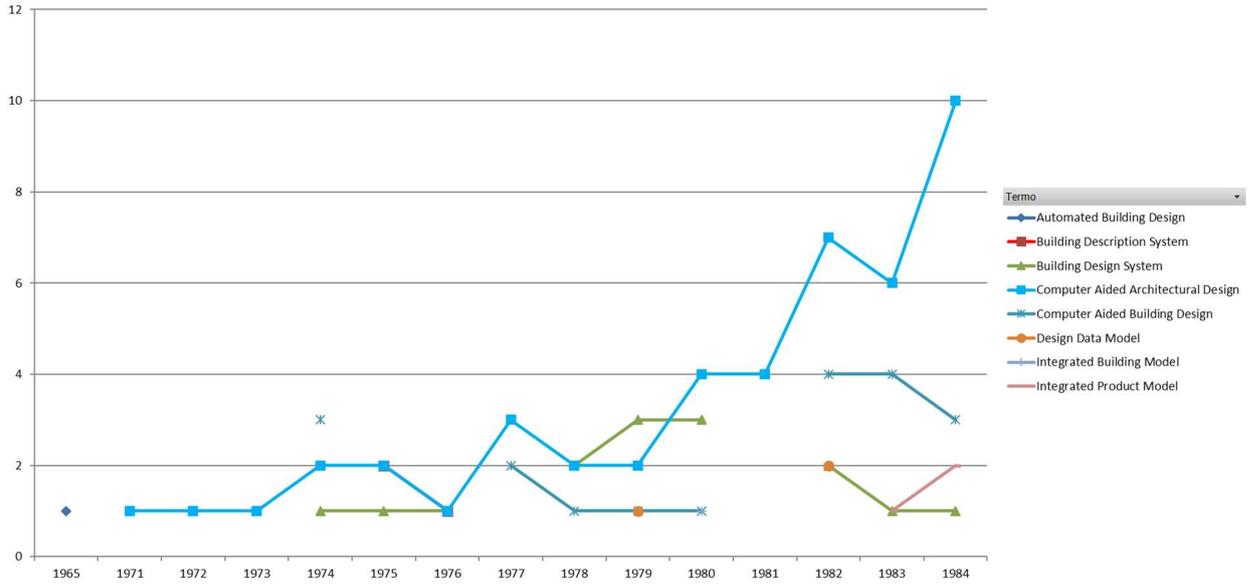
**Figura 7: Quantidade de referências que apresentam os termos pesquisados ao longo dos anos**



**Fonte: O autor.**

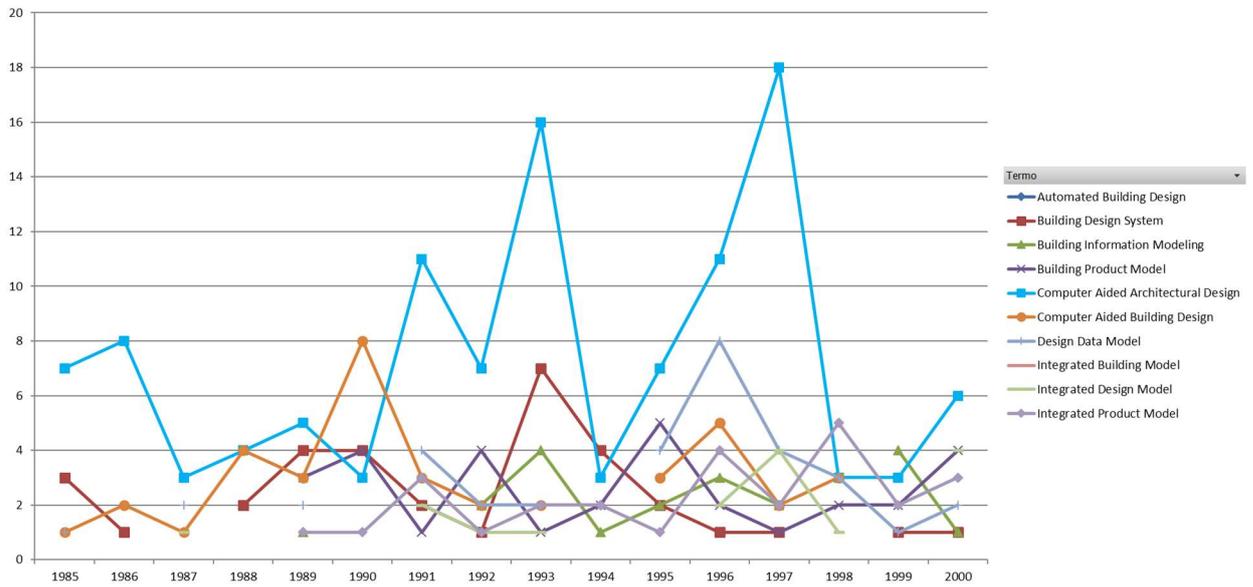
A grande quantidade de resultados apresentados para o termo *Building Information Modeling*, na Figura 7, tornou difícil a comparação e análise dos demais termos com resultados de menor valor por ano; para se ter um melhor entendimento visual de como se deu a frequência de uso dos termos estudados, decidiu-se produzir as Figuras 8 a 12, de acordo com os intervalos de tempo explicitados na seção 3.2.2.

**Figura 8: Quantidade de referências que apresentam os termos pesquisados ao longo dos anos – de 1965 até 1984**



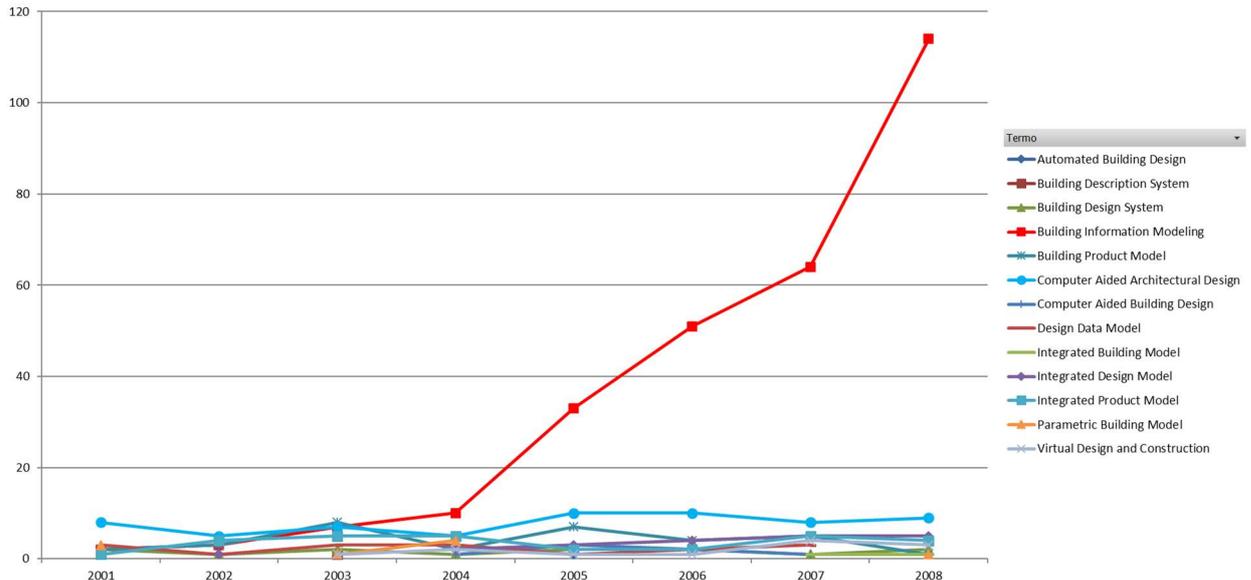
Fonte: O autor.

**Figura 9: Quantidade de referências que apresentam os termos pesquisados ao longo dos anos – entre 1985 a 2000**



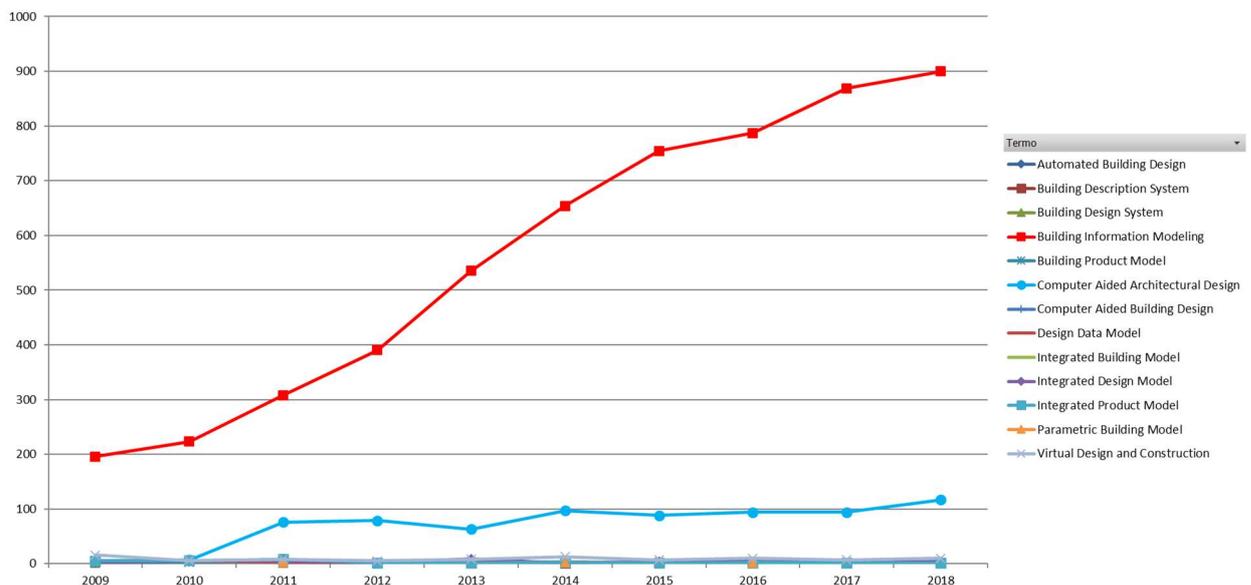
Fonte: O autor.

**Figura 10: Quantidade de referências que apresentam os termos pesquisados ao longo dos anos – entre 2001 e 2008**



Fonte: O autor.

**Figura 11: Quantidade de referências que apresentam os termos pesquisados ao longo dos anos – entre 2009 e 2018**



Fonte: O autor.

A Tabela 7 apresenta os resultados agrupados em períodos de 6 anos, em números absolutos. A amostra utilizada é a que reúne todos os registros consolidados, sem duplicações e erros, conforme exibe a Tabela 3. Os três termos com mais ocorrências foram evidenciados por meio de um destaque em tons de cinza em suas células.

**Tabela 7: Qtd. de registros com os termos, em números abs., agrupados em períodos de 6 anos**

<b>Termo e ano da referência mais antiga encontrada</b>	<b>1965-1970</b>	<b>1971-1976</b>	<b>1977-1982</b>	<b>1983-1988</b>	<b>1989-1994</b>	<b>1995-2000</b>	<b>2001-2006</b>	<b>2007-2012</b>	<b>2013-2018</b>	<b>Total</b>
Computer-Aided Architectural Design (1974)		8	22	38	45	48	45	184	553	943
Building Description System (1975)		3					2		3	8
Building Design System (1975)		3	10	8	22	6	10	7	5	71
Integrated Building Model (1980)			1		1		1	4	2	9
Design Data Model (1982)			3	3	10	22	13	12	12	75
Computer-Aided Building Design (1988)		3	9	15	18	13	6	3		67
Building Product Model (1989)					15	16	26	18	3	78
Integrated Product Model (1989)				3	9	16	19	30	8	85
<b>Building Information Modeling (1992)</b>					<b>8</b>	<b>12</b>	<b>106</b>	<b>1295</b>	<b>4499</b>	<b>5920</b>
Integrated Design Model (1992)				1	4	9	10	23	21	68
Automated Building Design (1994)	1				2	1	1	3	1	9
Parametric Building Model (2001)							8	4	5	17
Virtual Design and Construction (2004)							5	42	55	102
<b>Total Geral</b>	<b>1</b>	<b>17</b>	<b>45</b>	<b>68</b>	<b>134</b>	<b>143</b>	<b>252</b>	<b>1625</b>	<b>5167</b>	<b>7452</b>

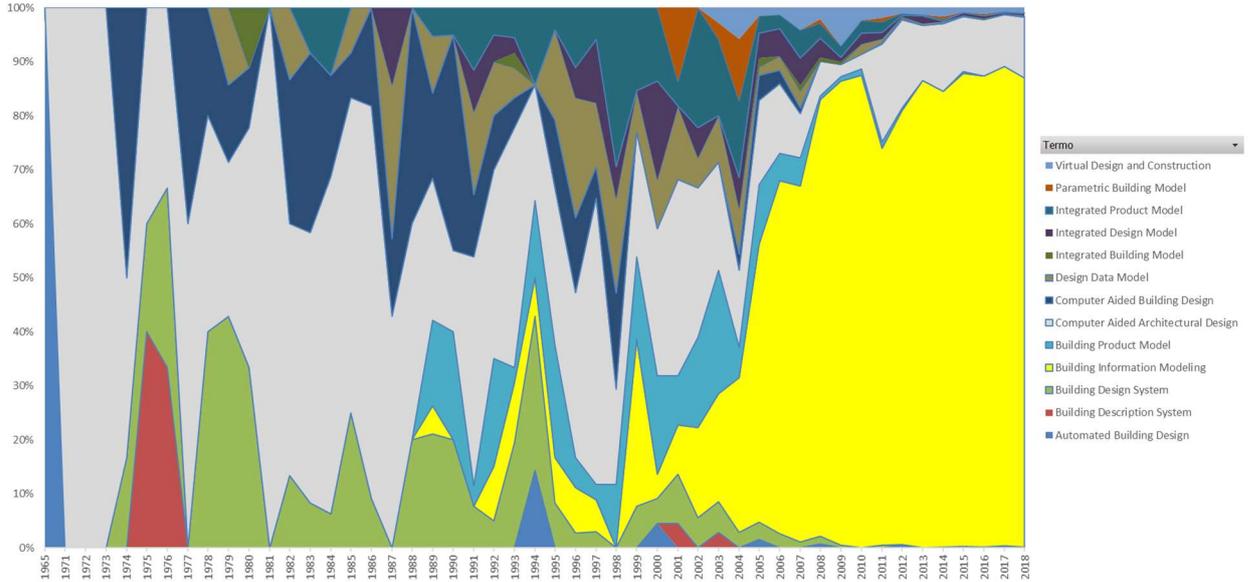
**Fonte: O autor.**

A Figura 12 nos oferece um outro modo de avaliar os resultados, com normalização dos valores totais, por ano, a 100%, para que fosse possível verificar o uso de cada termo de modo proporcional ao total de resultados naquele ano.

A Tabela 8 apresenta o mesmo tipo de avaliação de resultados da Figura 12, com normalização dos volumes totais, a 100%, porém em intervalos de 6 anos.

Pela análise da Figura 12 e da Tabela 8, observa-se que, na última década, houve a predominância de dois termos: *Building Information Modeling* (em amarelo) e *Computer-Aided Architectural Design* (em cinza). O termo *Virtual Design Construction* (azul acinzentado) é a terceira força entre todos os analisados.

**Figura 12: Quantidade de referências que apresentam os termos pesquisados ao longo dos anos – visualização com normalização a 100%**



Fonte: O autor.

**Tabela 8: Quantidade de registros que apresentam os termos, agrupados em períodos de 6 anos e comparados proporcionalmente (em %) por período**

Termo e ano da referência mais antiga encontrada	1965	1971	1977	1983	1989	1995	2001	2007	2013	Total
	1970	1976	1982	1988	1994	2000	2006	2012	2018	
Computer-Aided Architectural Design (1974)	0,0	47,1	48,9	55,9	33,6	33,6	17,9	11,3	10,7	12,7
Building Description System (1975)		17,6					0,8		0,1	0,1
Building Design System (1975)		17,6	22,2	11,8	16,4	4,2	4,0	0,4	0,1	0,9
Integrated Building Model (1980)			2,2	0,0	0,7	0,0	0,4	0,2	0,0	0,1
Design Data Model (1982)			6,7	4,4	7,5	15,4	5,2	0,7	0,2	1,0
Computer-Aided Building Design (1988)		17,6	20,0	22,1	13,4	9,1	2,4	0,2		0,9
Building Product Model (1989)				0,0	11,2	11,2	10,3	1,1	0,1	1,0
Integrated Product Model (1989)				4,4	6,7	11,2	7,5	1,8	0,2	1,1
<b>Building Information Modeling (1992)</b>				0,0	6,0	8,4	42,1	79,7	87,1	79,4
Integrated Design Model (1992)				1,5	3,0	6,3	4,0	1,4	0,4	0,9
Automated Building Design (1994)	100,0				1,5	0,7	0,4	0,2	0,0	0,1
Parametric Building Model (2001)							3,2	0,2	0,1	0,2
Virtual Design and Construction (2004)							2,0	2,6	1,1	1,4

Fonte: O autor.

O Quadro 32 exibe a categorização realizada, para esta pesquisa, a respeito da frequência de uso dos termos e acrônimos, considerando-se as informações apresentadas pelas Tabelas 7 e 8 e a Figura 12. Os termos e acrônimos considerados como frequentemente utilizados são *Computer-Aided Architectural Design* (CAAD), *Building Information Model* (BIM), *Virtual Design and Construction* (VDC) e *Building Information Modeling* (BIM).

**Quadro 32: Termos, ano de surgimento e frequência de uso**

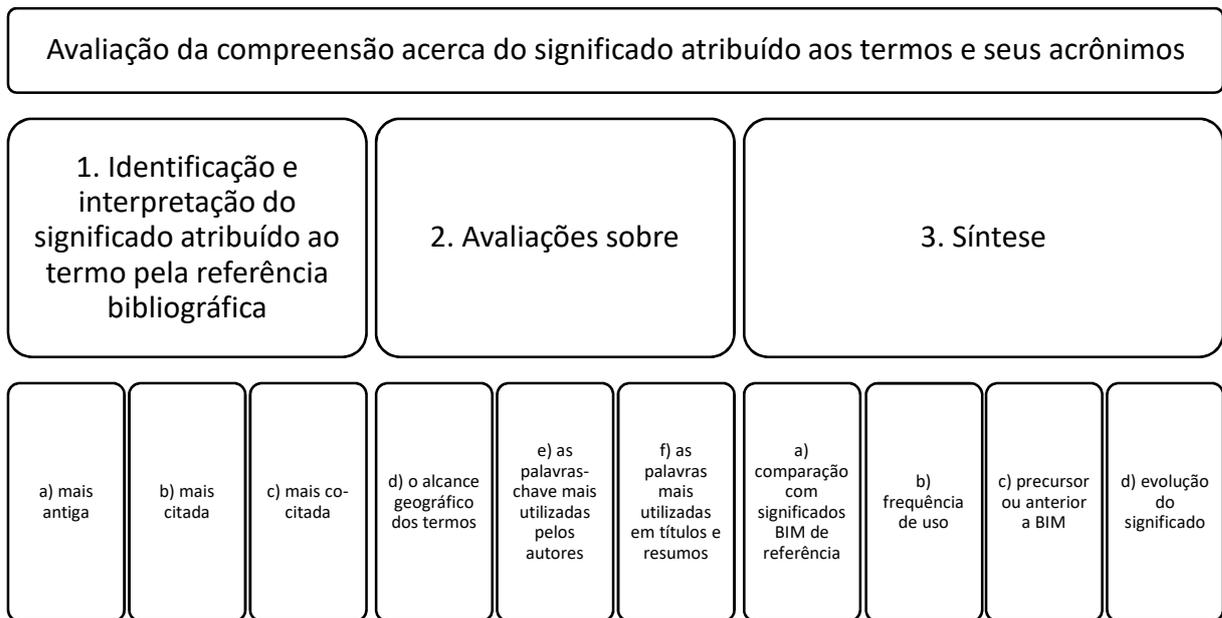
Termo (acrônimo)	Ano de surgimento	Frequência de uso
<b>Computer-Aided Architectural Design (CAAD)</b>	<b>1974</b>	<b>RELEVANTE</b>
Building Design System (BDGS)	1975	NÃO
Building Description System (BDPS)	1975	NÃO
Integrated Building Model (IBM)	1980	NÃO
Design Data Model (DDM)	1982	BAIXA
Building Product Model (BPM)	1989	NÃO
Integrated Product Model (IPM)	1989	NÃO
Computer-Aided Building Design (CABD)	1991	NÃO
<b>Building Information Model (BIM)</b>	<b>1992</b>	<b>RELEVANTE</b>
Integrated Design Model (IDM)	1992	BAIXA
Automated Building Design (ABD)	1994	NÃO
Parametric Building Model (PBM)	2001	NÃO
<b>Virtual Design and Construction (VDC)</b>	<b>2004</b>	<b>RELEVANTE</b>
<b>Building Information Modeling (BIM)</b>	<b>2004</b>	<b>RELEVANTE</b>

*Fonte: O autor.*

## 4.2 COMPREENSÃO DOS SIGNIFICADOS ATRIBUÍDOS AOS TERMOS

A avaliação da compreensão acerca do significado atribuído aos termos e seus acrônimos é composta por seis partes (Figura 13). Três partes dizem respeito à identificação e interpretação do significado atribuído ao termo pela referência bibliográfica a) mais antiga, b) mais citada e c) mais co-citada. Depois, são apresentadas as avaliações sobre d) o alcance geográfico dos termos, e) as palavras-chave mais utilizadas pelos autores que publicaram trabalhos em que o termo pesquisado aparece e f) as palavras mais utilizadas em títulos e resumos, nos trabalhos em que o termo pesquisado aparece. Ao final, os principais achados compõem uma síntese que reflete a compreensão a respeito do termo a) em comparação às definições de referência, relacionadas as categorias **Modelos**, **Processos** e **Sistemas**, b) em relação à frequência de uso do termo, c) relacionando como precursor ou contemporâneo ao termo *Building Information Modeling* de referência para este critério (FU et al., 2004) e d) apontando se houve evolução do significado atribuído ao termo e, caso positivo, como se deu este processo.

**Figura 13: Visão esquemática do processo de avaliação da compreensão**



**Fonte: O autor.**

A seguir são apresentados os resultados completos (ou seja, com as seis partes e a síntese) da avaliação da compreensão sobre o significado atribuído aos termos apontados, no Quadro 32. Ao final, os principais achados compõem uma síntese que reflete a compreensão a respeito do termo. Esta síntese é, então, comparada aos significados a) de referência atribuídos aos termos *Building Information Modeling* e ao acrônimo BIM elencados na seção 2.1, e b) aos significados associados a *Building Information Model* e *Building Information Modeling*, definidos na seção 4.2.1. O objetivo foi aferir como se dá a relação de semelhança entre os termos que fazem parte da pesquisa e as definições de controle para *Building Information Modeling*.

#### 4.2.1 Building Information Model (1992) e Modeling (2004)

Para realizar esta parte da pesquisa, foi preciso adotar um procedimento um pouco diferente do realizado anteriormente, uma vez que, mesmo usando artifícios de separação de termos nos mecanismos de busca, nas bases de dados, usando *wildcards* como \* e #, por exemplo, foi observado que haveria um prejuízo muito grande, em qualidade para a pesquisa, caso houvesse a separação entre os termos *Building Information Model* e *Building Information Modeling*. As razões que explicam a

dificuldade em se realizar tal separação estão explicitadas na Introdução deste trabalho. Desta forma, neste caso, são apresentadas *duas referências mais antigas e duas mais citadas*, uma para cada termo, e *uma referência mais co-citada para os dois termos*, e o restante das análises foi realizada para o conjunto.

A *definição mais antiga* encontrada sobre o termo *Building Information Model*, nesta pesquisa, aparece entre as palavras-chaves da referência de van Nederveen e Tolman (1992). Em *Modelling multiple views on buildings*, os autores propõem que um modelo de informação de uma construção seja composto por diversos modelos (*aspect models*), de modo que fosse possível visualizar e decompor suas partes sempre que desejado. Os *aspect models* seriam conectados por um *building reference model*. Afirmam os autores que, ao utilizar tal estrutura de modelagem, a informação da construção pode ser armazenada de modo simples e claro (VAN NEDERVEEN, G. A.; TOLMAN, F. P., 1992, p. 215). Foi observado que esta definição tem alinhamento com o significado BIM de referência de NIBS (2007, p. 21), relacionado à categoria modelos.

A *referência mais citada* que contém uma definição sobre *Building Information Model*, dentro da amostra pesquisada, é de Volk, Stengel e Schultman (2014). Trata-se da publicação mais citada de todas as amostras, e não apenas nesta, que trata do termo *Building Information Model*. Para atribuir significado ao termo, os pesquisadores utilizam referências de outros treze trabalhos. Afirmam que *Building Information Model*: (i) seria uma representação digital das características físicas e funcionais de qualquer objeto construído, (ii) poderia representar edifícios, virtualmente, por todo o seu ciclo de vida, (iii) seria construído a partir de softwares orientados a objeto, com objetos paramétricos que representam componentes da construção e (iv) poderia conter informações não-geométricas, sobre custos ou tempo de execução de atividades de instalação. Assim como ocorre em van Nederveen e Tolman (1992), a definição para *Building Information Model* de Volk, Stengel e Schultman (2014) tem relação de semelhança com a categoria modelos, representada por NIBS (2007, p. 21).

A *definição mais antiga* sobre *Building Information Modeling* para esta pesquisa foi encontrada na referência *IFC implementation in lifecycle costing* (FU et al., 2004). O

objetivo do trabalho, segundo os autores, seria demonstrar o potencial da implementação de métodos e técnicas de *Building Information Modeling*, por meio do uso de modelos IFC como esquema de troca de dados, para o desenvolvimento de uma ferramenta de estimativa de custos para todo o ciclo de vida de uma edificação (FU et al., 2004, p. 437). Ao analisar a definição apresentada acima e realizar a leitura da referência, percebeu-se que o significado atribuído a *Building Information Modeling* por Fu et al. (2004) está em concordância com a definição BIM de referência de NIBS (2007, p. 21), categoria modelos, para esta pesquisa.

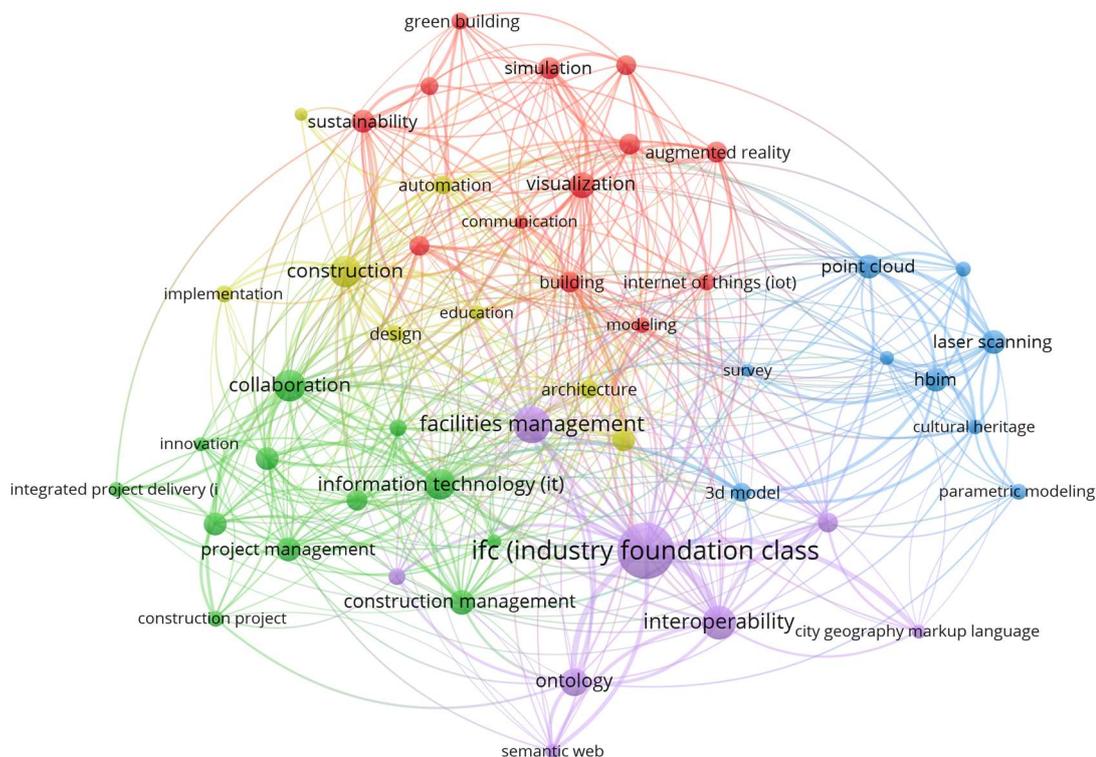
A *referência mais citada* para o termo *Building Information Modeling* está em *Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders*, de Succar (2009a), que usa um trecho de Penttilä (2006). O autor afirma que *Building Information Modeling* e o acrônimo BIM dão significado a um conjunto de políticas, processos e tecnologias que, interagindo, proporcionam o desenvolvimento de uma metodologia que utiliza meios digitais para realizar a gestão do projeto de uma edificação e de seus dados, durante todo o seu ciclo de vida. Verificou-se que esta foi a primeira definição em que um autor utiliza palavras como *methodology*, que agrega e articula *policies, process* e *manage* na elaboração do significado, afastando-o de uma conotação essencialmente computacional ou tecnológica. Desta forma, foi identificado que o significado atribuído a *Building Information Modeling* por Succar (2009) tem relação de semelhança com a definição BIM de referência de Eastman et al. (2008, p. 13), que representa a categoria processos, para esta pesquisa.

A *referência mais co-citada* pelos autores que citam os termos *Building Information Model* e *Building Information Modeling* nos artigos que compõem a amostra desta pesquisa é o livro *BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*, na sua segunda edição (EASTMAN et al., 2011). As definições sobre BIM da primeira edição (EASTMAN et al., 2008) foram mantidas na edição de 2011. O fato de Eastman et al. (2008) ter sido apontada pela ferramenta *VOSviewer* como referência a mais-co-citada entre os pesquisadores que utilizam *Building Information Model* ou *Building Information Modeling* em seus trabalhos reforça a percepção de que esta foi a escolha correta, como definição de

referência para a categoria processos, para ser contraposta às diversas definições pesquisadas.

A Figura 14 apresenta um mapa com as *50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Building Information Model e Modeling*. A ferramenta *VOSviewer* identificou 5 *clusters*. A figura apresenta um formato quase circular, o que denota um aparente estado de equilíbrio relacionado à produção para as várias temáticas de pesquisa em BIM. As três palavras-chave mais utilizadas pelos pesquisadores são *ifc (industry foundation classes)*, *facilities management* e *interoperability*, e fazem parte do cluster roxo. A posição centralizada deste grupo, assim como da palavra-chave *facilities management* articulando as demais, sugere protagonismo de temáticas relacionadas ao uso de BIM para manutenção predial, com auxílio de IFC. À esquerda, o *cluster* verde traz as palavras *collaboration* e *information technology (it)* em destaque, e parece representar pesquisas que abordam BIM e gestão do empreendimento, gestão da construção, formas de contratação e a relação entre estes temas e a colaboração e a tecnologia da informação. O *cluster* amarelo tem a palavra-chave *construction* como a mais destacada, e tem as palavras-chave *architecture* e *cad* (texto não-visível) no centro da figura, junto a *facilities management*, articulando todos os grupos. O *cluster* vermelho apresenta a palavra *visualization* com relevância. Outras palavras deste grupo, como *simulation*, *augmented reality*, *communication*, aliadas a *green building*, *sustainability*, *internet of things (iot)* e *lca (life cycle assessment, texto não-visível)*, indicam que este cluster pode representar pesquisas que entendem que há uma relação entre o uso de sensores e equipamentos de simulação e visualização avançadas com temáticas como sustentabilidade e análise de ciclo de vida de edificações. O *cluster* azul, com destaque para a palavra-chave *point cloud*, sugere a existência de pesquisas que relatam o uso de BIM com ferramentas de escaneamento a laser para registro de sítios históricos.

**Figura 14: Rede das 50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a BIM, por cluster**

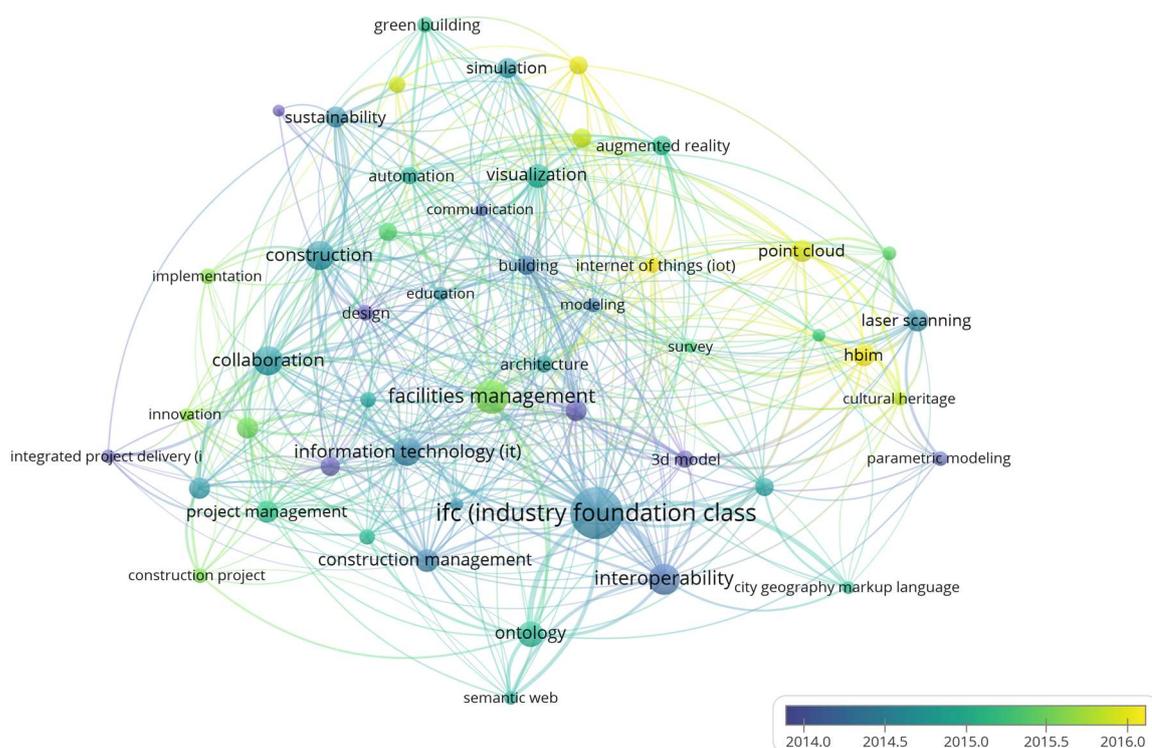


**Fonte: O autor.**

A Figura 15 apresenta a rede das 50 *palavras-chave* mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a *Building Information Model e Modeling*, colorizadas de acordo com o ano de ocorrência predominante para cada palavra. As palavras destacadas até 2014 são *cad*, *3D model*, *building*, *design*, *integrated project delivery*, *parametric design* e *communication*. Entre a metade e o final de 2014, *ifc (industry foundation classes)*, *interoperability*, *construction* e *information technology (it)* passam a ter protagonismo. Entre o começo de 2015 e a metade deste mesmo ano são destacadas as palavras *ontology*, *project management*, *visualization*, *green building*, *augmented reality* e *automation*. No segundo semestre de 2015, as palavras-chave relevantes foram *facilities management*, *construction project*, *construction industry*, *implementation* e *innovation* (texto não-visível). No final do período exibido pelo *VOSviewer*, a partir de 2016, o destaque é para as palavras-chave *point cloud*, *hbim*, *cultural heritage*, *internet of things (iot)*, *lca (life cycle assessment)* e *energy efficiency*. Portanto, a evolução observada sobre as áreas temáticas que mais atraem interesse para pesquisa tem início pela modelagem em projeto; na sequência, os temas mais

publicados passam a ser relacionados a fluxo da informação, gestão e automação e, ao final do período estudado, construção, gestão de instalações e processo de implementação e inovação.

**Figura 15: Rede das 50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a BIM, por ano**



**Fonte: O autor.**

A Figura 16 apresenta a rede com as 50 palavras mais utilizadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a *Building Information Model* e *Building Information Modeling*. A ferramenta *VOSviewer* identificou 3 clusters. O grupo verde tem a palavra *data* como a mais relevante, seguida por *environment*, *simulation*, *structure* e *software*. O cluster vermelho apresenta a palavra *project* em destaque, e conta com boa presença das palavras *engineering*, *industry*, *collaboration*, *implementation*, *construction industry*, *benefit* e *construction project* em sua periferia. Na parte interna, são relevantes as palavras *challenge*, *practice* e *value*. O cluster azul dá mais destaque à palavra *performance*. Neste grupo, há a presença das palavras *impact*, *decision*, *owner*, *contractor* e *change*, na borda do cluster, e *architect* e *design process*, no centro da figura. Desta forma, observou-se, pelas palavras-chave, os autores sugerem que tratam de usos ou propósitos do BIM. Ao



A seguir, é apresentada uma *análise sintética para o conjunto dos resultados relacionados aos termos Building Information Model, Building Information Modeling e o acrônimo BIM*.

A *definição mais antiga* encontrada sobre o termo *Building Information Model*, dentro da amostra pesquisada, aparece em van Nederveen e Tolman (1992), cerca de três anos mais tarde que a definição mais antiga encontrada fora da amostra, apresentada na introdução desta pesquisa (GARRETT JR; BASTEN; BRESLIN, 1989). Os dois grupos tinham, como objetivo, desenvolver métodos e ferramentas computacionais de suporte à modelagem orientada a objetos com uso de bancos de dados relacionais, que fossem capazes de armazenar informações que descrevem uma edificação sob diversos aspectos. A *referência mais citada*, de Volk, Stengel e Schultman (2014), mantém este entendimento.

Nesta pesquisa, a *definição mais antiga* sobre *Building Information Modeling* foi encontrada em Fu et al. (2004), quase dois anos depois de Laiserin (2002) e um pouco depois das referências citadas na introdução deste trabalho<sup>9</sup>. Fu et al. (2004) utiliza o termo *Building Information Modeling* para se referir a métodos e técnicas para produzir um *Building Information Model*, de modo muito similar à definição de NIBS (2007), p. 150. A definição da *referência mais citada*, de Succar (2009) traz como inovação, para a época, em uma mesma sentença, as palavras metodologia, processos, políticas e tecnologias. A construção desta definição faz parte das pesquisas do autor, publicadas em vários artigos e consolidadas em sua tese de doutorado (SUCCAR, 2013).

Em uma das publicações que compõem a tese de Succar, publicada como capítulo de livro (UNDERWOOD, 2009), o pesquisador apresenta a *BIM Maturity Matrix*, modelo de avaliação de capacitação e maturidade em processos relacionados a BIM, dividida em três categorias: *technologies, process e policies* (SUCCAR, 2010), criada a partir a

---

<sup>9</sup> Ibrahim, Krawczyk e Schipporiet (2003), Eastman, Sacks e Lee (2003), Ibrahim e Krawczyk (2003) e Johnson e Laepple (2003) são anteriores a Fu et al. (2004), porém não fazem parte das bases de dado utilizadas para a obtenção das amostras desta pesquisa.

investigação de outros modelos empresariais desenvolvidos a partir de Humphrey (1988). De acordo com o autor, a *BIM Maturity Matrix* pretende auxiliar na estruturação da avaliação e planejamento da estratégia de adoção de BIM em diversas escalas organizacionais, ou seja, com seu conjunto de atividades classificadas em tecnologias, processos e políticas, poderia ser utilizada como um agente impulsionador da criação de uma metodologia para a implementação de BIM. Observou-se, portanto, que o significado atribuído a *Building Information Modeling* por Succar (2009) foi construído de forma metódica e fundamentada nas estruturas conceituais desenvolvidas pelo pesquisador, reveladas quando publicou a *BIM Maturity Matrix* no ano seguinte (SUCCAR, 2010).

Desta forma, foi observado que existem diferenças entre os significados atribuídos a *Building Information Modeling* por Fu et al. (2004), que utiliza o termo para se referir a métodos e técnicas para produzir modelos, e Succar (2009), que se distancia dos aspectos tecnológicos e computacionais e desenvolve uma linha de raciocínio mais próxima da Gestão de Processos para definir o que é BIM<sup>10</sup>.

A *referência mais co-citada* é EASTMAN et al. (2008). A citação de referência para esta pesquisa já foi apresentada na Introdução deste trabalho, mas convém repeti-la para esta discussão. Segundo os autores, *Building Information Modeling* seria “uma tecnologia de modelagem associada a um conjunto de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção” (EASTMAN et al., 2008, p. 13, tradução nossa).

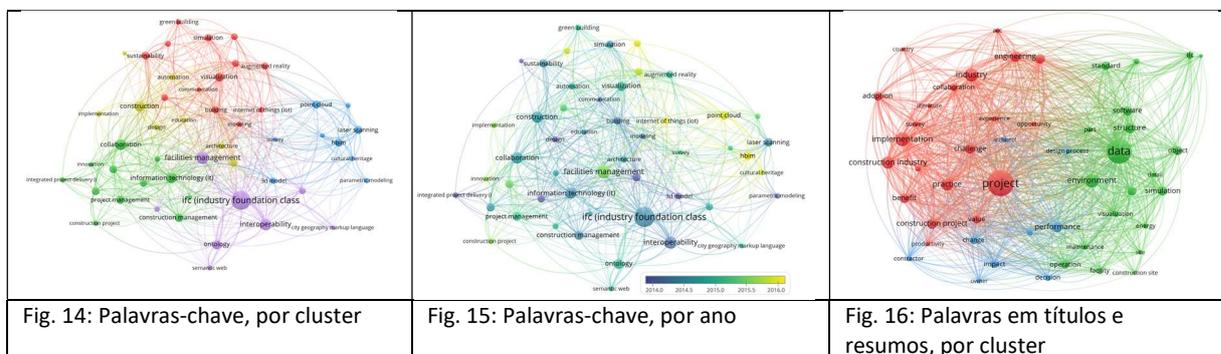
Nesta parte da síntese, é apresentado o *resumo dos achados a partir das análises realizadas pelo VOSviewer*. O Quadro 33 reúne as Figuras 14, 15 e 16, resultantes do processo de análise do termo *Building Information Modeling*. Depois, estes resultados foram comparados às primeiras análises, expostas acima, para que fossem

---

<sup>10</sup> Existe uma grande probabilidade dos trabalhos de Succar, aqui apresentados, serem influenciados por métodos de gestão de processos bastante estruturados, uma vez que o pesquisador cursou graduação (sem concluir) em Administração de Empresas e concluiu pós-graduações em Comportamento Organizacional e Gestão de Recursos Humanos. A informação está em <https://www.bimthinkspace.com/about.html>, acessada em 12/06/2019.

estruturadas as contextualizações históricas e aplicadas que compõem a compreensão a respeito da evolução dos significados atribuídos aos termos *Building Information Model* e *Building Information Modeling*.

**Quadro 33: Figuras resultantes do processo de análise do termo *Building Information Modeling***



**Fonte: O autor.**

A partir do uso da ferramenta *VOSviewer*, foi possível observar, pela Figura 14, que a maior parte das palavras-chave utilizadas estão alinhadas aos usos ou propósitos de BIM, identificados pelo *BIM Planning Guide for Facility Owners* (CIC-PSU, 2011). Ao se observar a Figura 15, percebeu-se que, ao longo do tempo, novas temáticas vão sendo incorporadas à pesquisa em BIM, o que pode ser um indício de que o significado atribuído ao termo, pelos pesquisadores, pode estar passando por um processo de expansão, na direção da definição de Succar e Kassem (2015), i.e., compreender *Building Information Modeling* como termo que representa a expressão da inovação para todo o setor da construção.

Com relação ao *alcance do uso dos termos*, foi possível observar que a grande variedade de aplicações atribuídas a *Building Information Model* e *Modeling* por autores de diferentes nacionalidades demonstra que o uso é bastante amplo. Esta afirmação pode ser reforçada pela amostra apresentada na Tabela 5, em que foi possível observar que 29 países têm uma ou mais referências publicadas que reúnem, somadas, entre 160 e 319 citações. Ao se observar a mesma tabela, foi possível perceber que 70 países (36% do total<sup>11</sup>) tem pelo menos uma referência citada que

<sup>11</sup> Existem 193 países reconhecidos pela ONU, de acordo com <https://www.un.org/en/member-states/index.html>, acessado em 12/06/2019.

contém o termo *Building Information Modeling*. Ao associar estas informações ao intervalo de tempo representado pelas referências pesquisadas para leitura (1992 a 2014) e aos gráficos da seção 4.1, foi possível concluir que os termos *Building Information Model* e *Building Information Modeling* foram adotados de maneira dominante, pelo volume de publicações e o alcance geográfico de países. Percebeu-se que a maior parte dos termos que continuaram apresentando semelhança, em seus significados, com os atribuídos a BIM, caíram em desuso, no mesmo período em que BIM ganhou aceitação.

Na Figura 16, foi observado que as palavras do *cluster* verde podem representar uma compreensão de BIM do ponto de vista da produção de modelos para realizar análises, o que as aproximam do significado atribuído a *Building Information Model* de NIBS (2004) e Volk, Stengel e Schultmann (2014). As palavras dos *cluster* vermelho parecem representar pesquisas em que a compreensão de BIM está associada à condução do empreendimento, ao entendimento dos desafios, oportunidades, benefícios, ao desenvolvimento de estratégias e de boas práticas, e de como implementar e adotar BIM. As palavras do *cluster* azul parecem representar trabalhos onde BIM, provavelmente, se refere a técnicas e ferramentas de análise de performance de projetos que se propõem a conectar arquitetos e contratantes a partir de um processo bem delineado. Neste sentido, os *clusters* azul e vermelho parecem estar relacionados ao significado atribuído a *Building Information Modeling* de referência, Eastman (2008, p. 13), e Succar (2009). Existe um vazio entre o *cluster* verde e os *clusters* vermelho e azul, o que pode ser um indício de que há, realmente, grupos distintos de pesquisadores, que utilizam, no entender desta pesquisa, termos diferentes para dar significado aos seus trabalhos, quando se referem a BIM. Esta constatação está em concordância com Succar, Saleeb e Sher (2016), conforme apresentado na seção 2.1.4 deste trabalho, e parece confirmar os postulados I e II.

Foi observado que existem sete palavras no centro da Figura 16, articulando os grupos: *project*, *architect*, *opportunity*, *design process*, *environment*, *performance* e *designer*. Palavras centrais podem ser interpretadas como importantes na compreensão do relacionamento entre as correntes de ideias que emergem de uma amostra

(BORGATTI et al., 2009). Desta forma, observou-se que as palavras *architect*, *design process* e *designer* estão posicionadas de forma importante, e o tamanho de seus nós indicam que existem poucas pesquisas relacionadas a estes temas, proporcionalmente a outros, que são muito mais estudados e estão na periferia da temática.

Ao realizar a comparação entre *resultados das palavras-chave* e *resultados das palavras em títulos e resumos*, observou-se que a variedade de temáticas apontadas nas Figuras 14 e 15 (palavras-chave) não se reflete, com a mesma intensidade, entre as palavras extraídas de títulos e resumos. Desta forma, são apresentadas algumas considerações que pretendem consolidar a compreensão sobre a contextualização histórica e aplicada a respeito dos significados atribuídos aos termos *Building Information Model*, *Building Information Modeling* e ao acrônimo BIM.

- Entre os significados analisados para *Building Information Model*, de diferentes épocas (1989 a 2014), constatou-se que todas as definições são semelhantes. Este fato indica que houve consenso entre pesquisadores, no período analisado, a respeito do significado atribuído ao termo, relacionado à produção de modelos para realizar análises sob a ótica das etapas do ciclo de vida de um empreendimento, o que confirma a validade do postulado II apresentada no início desta pesquisa.
- Quanto ao termo *Building Information Modeling*: ao se colocar as definições extraídas a partir do protocolo da pesquisa junto à a) primeira definição que surgiu, relacionada à categoria sistemas (LAISERIN, 2002), b) definição de referência BIM para a categoria processos (EASTMAN et al., 2008) e c) última definição relevante, também ligada à categoria processos (SUCCAR; KASSEM, 2015), em ordem de citação<sup>12</sup>, percebeu-se que há tendência por uma mudança na evolução do significado predominantemente atribuído ao termo. Observou-se, desta forma, que o significado atribuído a *Building*

---

<sup>12</sup> Laiserin (2002), Fu et al. (2004), Eastman et al. (EASTMAN et al., 2008), Succar (2009a) e (SUCCAR; KASSEM, 2015), nesta ordem.

*Information Modeling*, pela maior parte dos pesquisadores, parece ter se deslocado do eixo temático tecnológico, onde o termo emergiu em 2002, na direção de temáticas relacionadas a processos e gestão de todas as atividades que estruturam o setor da construção civil (postulado I).

- A partir da análise dos mapas de visualização de similaridades, foi observado que a grande variedade de palavras-chave utilizadas pelos pesquisadores indica que os trabalhos relacionados a BIM atingem um amplo espectro, assim como indicam outras pesquisas em que os resultados emergem dos dados, apresentadas na seção 2.2 (YALCINKAYA; SINGH, 2015; SANTOS; COSTA; GRILO, 2017; ZHAO, 2017).
- A análise combinada dos mapas de visualização permite realizar diferentes compreensões e considerações. Ao se observar a Figura 16, percebeu-se que as principais palavras de cada *cluster* parecem indicar que os pesquisadores compreendem que trabalhos relacionados a BIM tem importante conexão com as palavras *data* (cluster verde), *project* (vermelho) e *performance* (azul). Desta forma, poderia ser razoável supor que existiria uma intenção, ou significado latente, a ser atribuído a BIM do ponto de vista da aspiração dos pesquisadores: a de que BIM poderia ser utilizado para definir soluções arquitetônicas e de engenharia que tem por objetivo produzir dados de qualidade para que um projeto tenha excelente performance ou, em síntese, o termo *Building Information Modeling* pode ser usado para dar significado ao processo de produção de dados para projetos de alta performance<sup>13</sup>.

---

<sup>13</sup> A palavra **projeto**, nesta sentença, poderia ser entendida como **empreendimento da construção**, uma vez que esta é a conotação dada a *project* no jargão desta área, entre outras, como define o dicionário Oxford em seu portal Lexico.com: <https://www.lexico.com/en/definition/project>. A palavra utilizada para dar sentido a projeto (de arquitetura, de instalações prediais etc.) como conhecemos no Brasil é *design*. A definição pode ser conferida em <https://www.lexico.com/en/definition/design>. Informações acessadas em 12/06/2019.

#### 4.2.2 Computer-Aided Architectural Design (1974)

A *definição mais antiga* encontrada sobre o termo *Computer-Aided Architectural Design* nesta pesquisa está em Eastman (1974). O autor afirma que, entre os principais aspectos teóricos do CAAD, estão *automated design, reading and interpretation of architectural drawings* e *information structures for architectural information*. Como exemplo de CAAD, Eastman descreve o funcionamento de um sistema chamado ARK 2, que foi capaz de armazenar a informação de uma construção, sistematizada por cômodos, com registro de suas dimensões, materiais, custos, entre outras informações. O ARK 2 também tinha um catálogo digital de equipamentos com custos e conexões associadas, e era capaz de exibir relatórios e tabelas, impressos ou no monitor.

A *referência mais citada* que contém uma definição sobre CAAD, dentro da amostra pesquisada, é de Aish (1979). De acordo com o autor, em um sistema CAAD, o arquiteto daria início ao processo ao dar forma e especificações à uma determinada solução de projeto. Em seguida, o sistema CAAD faria a avaliação da solução proposta, com relação a custos e critérios relacionados à performance. O projetista, então, poderia avaliar se os custos e a performance atendem às premissas de modo satisfatório. Caso contrário, realizaria alterações no projeto, considerando questões formais e estéticas, junto a custo e performance, para então submeter o trabalho a uma nova avaliação (AISH, 1979, p. 66).

A *referência mais co-citada* pelos autores que citam CAAD nos artigos que compõem a amostra desta pesquisa (KOLAREVIC, 2003) não contém uma definição sobre este termo, porém influenciou estruturalmente na mudança de atribuição de significado a CAAD ao longo do tempo. Na abertura do trabalho, Kolarevic (2003) argumenta que, à época, os projetos de edificações não apenas nasciam digitalmente, como também já estariam sendo executados digitalmente por meio de processos “*file-to-factory*”, com tecnologias de fabricação que utilizam máquinas de controle numérico computacional (CNC). No entendimento do autor, os arquitetos, à época, voltaram a se envolver com a produção de edifício, pois estavam em busca de investigar a complexidade de se construir formas “blobby”. Para Kolarevic (2003), o

desafio da construtibilidade traz à tona a questão da credibilidade do emprego de formas complexas e que, como a construtibilidade se tornou possível por causa dos avanços em computação, o desafio seria como se apropriar das oportunidades oferecidas pelos meios digitais de produção (KOLAREVIC, 2003, p. 46).

Percebeu-se, portanto, que o artigo mais antigo (EASTMAN, 1974) e o mais citado (AISH, 1979) atribuem significados a CAAD semelhantes ao significado atribuído a BIM de referência por Autodesk (2002). Os autores que utilizam o termo *Computer-Aided Architectural Design* em suas pesquisas, no entanto, têm Kolarevic (2003) como principal referência; observa-se, portanto, que este trabalho expõe uma mudança no entendimento do significado atribuído ao termo *Computer-Aided Architectural Design* pelo conjunto de autores que publicaram naquela época até o presente.

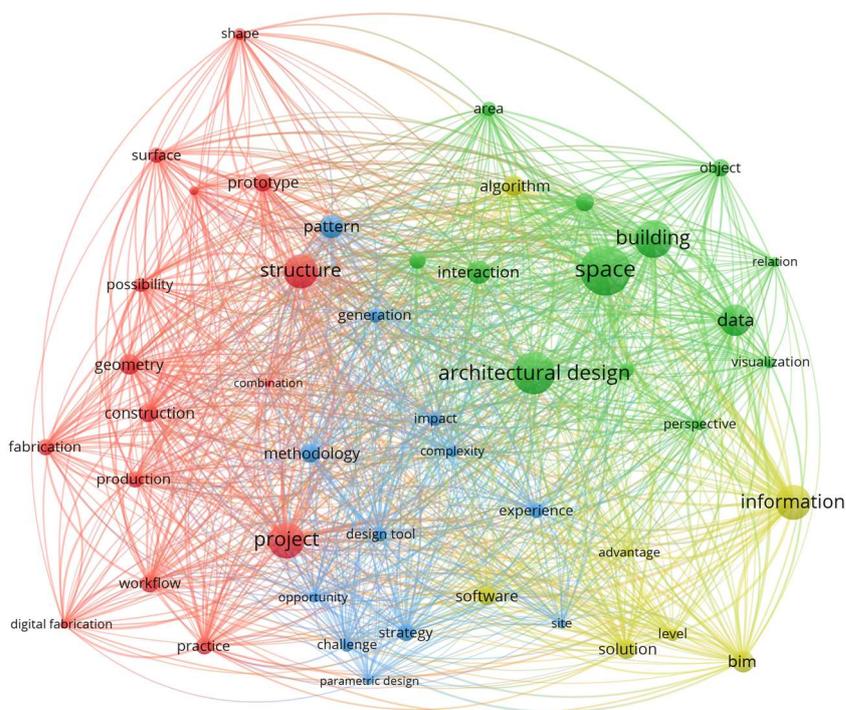
A Figura 17 apresenta a rede das **50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a CAAD**. A ferramenta VOSviewer identificou 8 *clusters*. A palavra-chave *parametric modeling*, do *cluster* laranja, aparece no centro da figura, articulando, com a palavra *bim*, boa parte das relações traçadas pela ferramenta. As palavras-chave *parametric design* (*cluster* amarelo), *digital fabrication* (grupo verde), *virtual reality (vr)* (*cluster* roxo), *generative design* (grupo azul escuro) são os principais articuladores da figura, ao lado da palavra *bim*, em torno de *parametric modeling*. Estas palavras podem ser entendidas como representantes das áreas de pesquisa mais investigadas pelos autores que relacionam seus trabalhos ao termo *Computer-Aided Architectural Design*. A palavra-chave *computational design* é a principal do *cluster* marrom; no *cluster* azul claro, as palavras *simulation* e *optimization* compartilham o protagonismo. Por fim, há o *cluster* vermelho, que tem *augmented reality* como palavra-chave principal; este grupo apresenta palavras que, em princípio, representam temas diferentes, como *cfD simulation*, *shape grammar* e *mixed reality (mr)*.





que tem associação com a categoria sistemas, representada pela definição de Autodesk (2002).

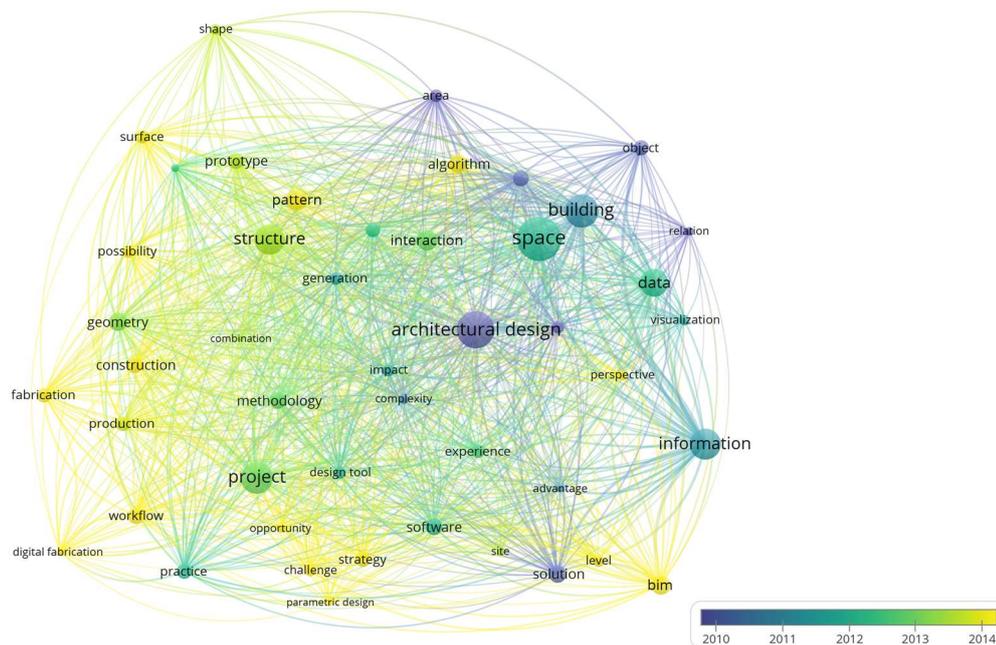
**Figura 19: Rede das 50 palavras mais empregadas pelos autores nos títulos e resumos das referências da amostra relacionada a CAAD, por cluster**



**Fonte: O autor.**

A Figura 20 apresenta a rede das 50 *palavras mais empregadas pelos autores nos títulos e resumos das referências da amostra relacionada a CAAD, colorizadas de acordo com o ano de ocorrência predominante para cada palavra*. Observou-se que as palavras com uso destacado até 2010 são *architectural design, area, representation, object, solution relation* e *role* (texto não-visível). Entre 2011 e 2012, percebeu-se que as palavras com mais destaque foram *building, information, data, space* e *generation*. Em meados de 2013, as palavras mais relevantes eram *structure, project, interaction, prototype* e *geometry*, entre outras. A maior quantidade de palavras com destaque está no último período destacado, a partir de 2014; entre as palavras que podem ser apontadas como relevantes, destacam-se *bim, fabrication, algorithm, pattern, surface, construction, production* e *workflow*.

**Figura 20: Rede das 50 palavras mais empregadas pelos autores nos títulos e resumos das referências da amostra relacionada a CAAD, por ano**



**Fonte: O autor.**

A seguir, é apresentada a *análise sintética para o conjunto dos resultados relacionados ao termo Computer-Aided Architectural Design e seu acrônimo, CAAD*. O termo *Computer-Aided Architectural Design* surgiu, possivelmente, em Eastman (1974), em um trabalho desenvolvido pelo arquiteto durante seu doutorado na *Carnegie-Mellon University*, nos Estados Unidos. O termo originalmente apresenta semelhança de significado com o atribuído ao termo relacionado à categoria processos (Eastman et al., 2008, p. 13), e tal fato é reforçado pela referência bibliográfica mais citada (AISH, 1979), publicado na revista *Computer-Aided Design*, por Robert Aish, que à época trabalhava na empresa britânica Ove Arup and Partners. O significado atribuído ao termo foi modificado, como pode ser observado no capítulo de Kolarevic (2003), que faz parte do livro *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*, organizado pelo mesmo autor, em 2003.

Com relação ao alcance do termo, ao analisar a Tabela 5, observou-se que 38 países têm pelo menos uma citação para uma referência que inclui *Computer-Aided Architectural Design* em títulos, palavras-chave ou resumos (54% da abrangência de BIM para o mesmo critério). Quando se comparam os termos pela faixa de 160 citações para o conjunto de referências, por país, observou-se que são 4 os países que

tem referências publicadas com CAAD que atendem a este critério, enquanto, para BIM, são 29 (proporção de 13%), o que indica um uso maior de BIM, em valores absolutos e proporcionais com relação a este critério. Quando estas análises são associadas à observação de que as referências de pesquisa foram publicadas entre 1975 e 2003, e aos gráficos da seção 4.1, é possível concluir que termo *Computer-Aided Architectural Design* continua a ser adotado de maneira bastante ampla.

Com relação às palavras-chave utilizadas pelos autores, observou-se que, entre aquelas destacadas mais recentes, à exceção de *bim*, todas estão em alinhamento com Kolarevic (2003), o que reforça a percepção de que o significado atribuído a CAAD sofreu alteração ao longo do tempo. O significado atribuído atualmente, a CAAD, portanto, poderia ser associado à compreensão de Kolarevic (2003) sobre o termo, em que o associa à concepção arquitetônica atrelada à fabricação digital e ao design generativo. A presença da palavra-chave *bim* com bastante expressão, liderando um grupo de palavras, pode ser um indício de que, para os pesquisadores que utilizam de forma corrente o termo CAAD, *Building Information Modeling* poderia ser entendido como uma área temática, tal como *generative design*, *digital fabrication*, *parametric design* etc. As palavras que emergem de títulos e resumos indicam, em princípio, que podem existir duas vertentes de trabalhos em CAAD: uma relacionada à definição de Kolarevic (2003) e outra, alinhada aos significados atribuídos por Eastman (1974) e Aish (1979). Também há um indicativo de que podem existir trabalhos e pesquisas sobre *Computer-Aided Architectural Design* em que o significado atribuído a BIM pelos autores tem caráter tecnológico e, portanto, guarda semelhança com a definição de Autodesk (2002). Portanto, foi constatado que o significado atribuído ao acrônimo CAAD se alterou ao longo do tempo: passou a estar relacionado ao design computacional, fabricação digital e outros processos e tecnologias, que tem uma parte integrada a *Building Information Modeling* e outra, separada, como explicitado acima. O fato de ter havido um afastamento do significado atribuído a *Computer-Aided Architectural Design* dos significados BIM de referência, ao longo do tempo, pode ter contribuído para a continuidade do uso deste termo pelos pesquisadores.

### 4.2.3 Building Description System (1975)

A *definição mais antiga* a respeito do termo *Building Description System* (BDPS) foi encontrada em Eastman, Lividini e Stoker (1975). De acordo com os autores, um *Building Description System* deve possibilitar a especificação de um conjunto de elementos e o armazenamento das localizações relativas de todos eles, para que todas as outras relações possam ser identificadas a partir das primitivas. O sistema deve fornecer recursos para definir, modificar e organizar muitos elementos, e meios para produzir desenhos e analisar a performance do projeto. Permite também a derivação e análise dos espaços criados a partir do arranjo de elementos e a determinação automática dos conflitos espaciais. O resultado seria um banco de dados útil para atividades de comunicação, análises, coordenação e fabricação (EASTMAN; LIVIDINI; STOKER, 1975, p. 603). Ao propor o desenvolvimento de um sistema a partir do qual podem ser gerados conjuntos de elementos, ou seja, modelos, observou-se que esta definição apresenta semelhanças com os significados de referência para as categorias sistemas (AUTODESK, 2002) e modelos (NIBS, 2007, p. 21).

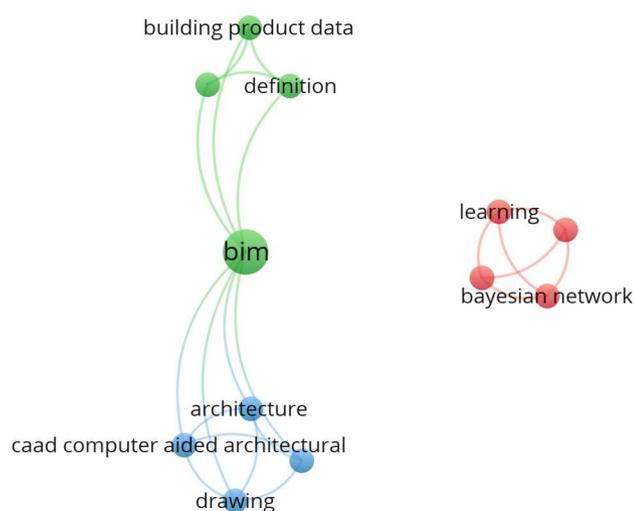
A *referência mais citada* que contém uma definição sobre *Building Description System*, dentro da amostra pesquisada, é de Eastman (1976). Nesta publicação, o autor afirma que os BDPS são programas constituídos por grandes bancos de dados que tem o potencial de substituir desenhos como documentos para a construção, e que este modo sistemático de descrição de edifícios poderia permitir análises visuais, coordenação, quantitativos, avaliação de códigos de edificações e até mesmo fabricação automatizada de componentes (EASTMAN, 1976, p. 17). Foi observado que existe relação de semelhança entre o significado atribuído a *Building Description System* por Eastman (1976) e com as definições de Autodesk (2002) e NIBS (2007, p. 21).

A *referência mais co-citada* pelos autores que citam BDPS, entre as referências bibliográficas que compõem a amostra desta pesquisa, é o *A database for designing large physical systems* (EASTMAN; LIVIDINI; STOKER, 1975). Esta é, também, a

referência que apresenta a definição mais antiga com significado atribuído a *Building Description System*, conforme já explicitado.

A Figura 21 apresenta o mapa com as **12 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Building Description System**. A ferramenta *VOSviewer* identificou 4 *clusters*. O *cluster* vermelho apresenta palavras-chave ligadas à modelagem computacional de dados, como *bayesian network* e *uml* (*unified modeling language*, texto não-visível). À esquerda, a palavra-chave *bim* articula seu grupo, o verde, que reúne as palavras *history*, *definition* e *building product data*, com o *cluster* azul, que tem as palavras-chave *caad computer-aided architectural design*, *architecture*, *drawing* e *modeling* (texto não-visível).

**Figura 21: Mapa das 12 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Building Description System, por cluster**

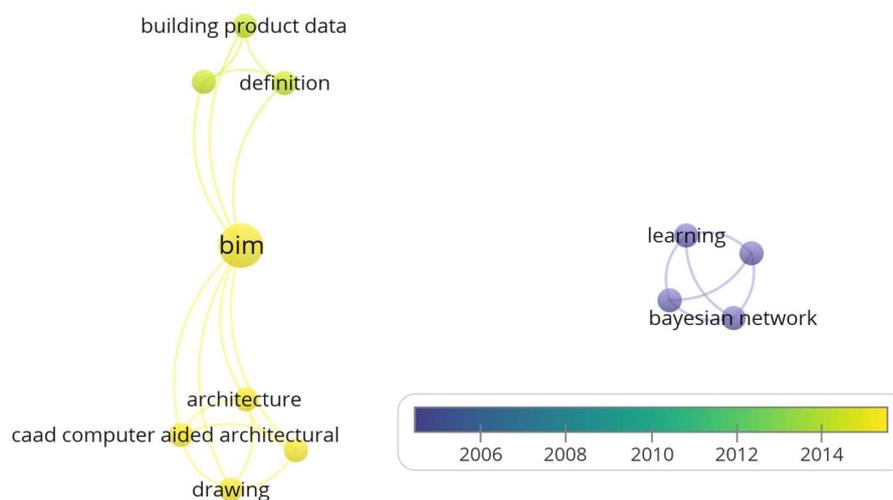


**Fonte: O autor.**

A Figura 22 apresenta o mapa com as **12 palavras-chave utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Building Description System**, colorizadas de acordo com o ano de ocorrência predominante para cada palavra-chave. Observou-se que as palavras-chave com uso destacado até 2006 são aquelas ligadas à modelagem computacional de dados, como *bayesian network* e *uml* (*unified modeling language*, texto não-visível). Todas as palavras-chave localizadas à esquerda, como *bim*, *history*

(texto-não-visível), *definition*, *caad computer-aided architectural design*, *architecture* e *drawing*, tem ocorrência destacada a partir de 2014.

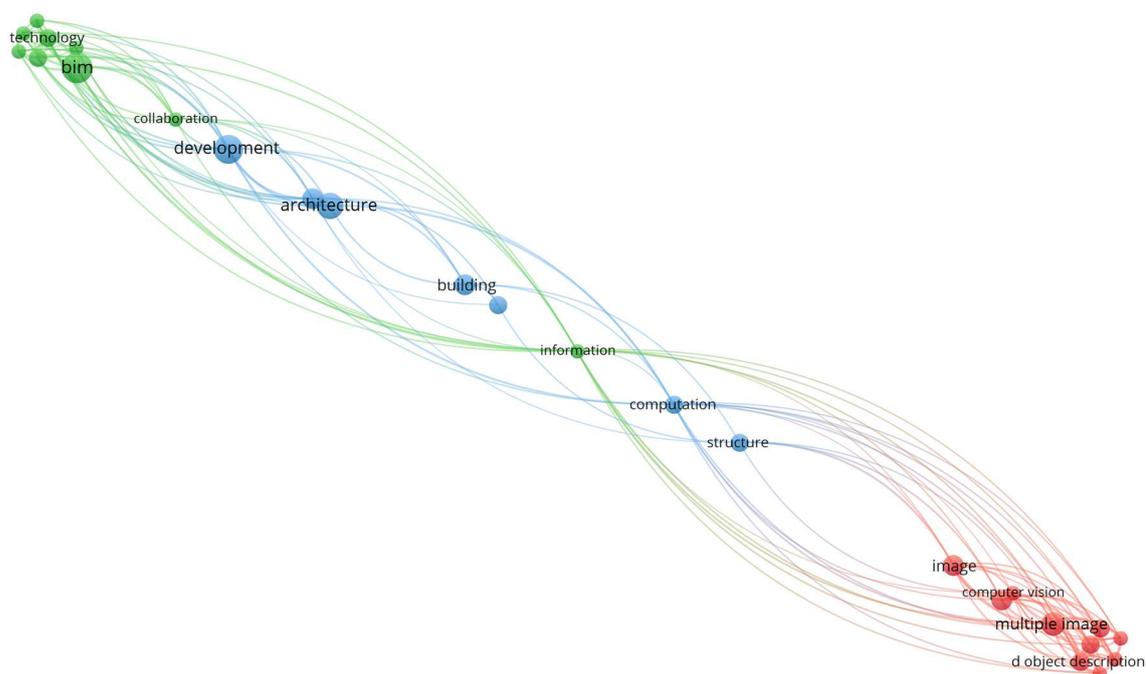
**Figura 22: Mapa das 12 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Building Description System, por ano**



**Fonte: O autor.**

A Figura 23 apresenta a rede com as 26 *palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Building Description System*. A ferramenta VOSviewer identificou 3 *clusters*. O *cluster* verde é o mais importante: contém a palavra *information*, que está no centro do eixo, conectando o grupo verde ao vermelho. No *cluster* verde destacam-se as palavras *bim*, *technology*, *perspective* e *definition*. O *cluster* azul está mais próximo ao verde e tem as palavras *architecture* e *development* como principais, que conta também com *building*, *database* e *construction* (texto não-visível), entre outras. O grupo vermelho reúne palavras relacionadas a técnicas de computação, como *expandable bayesian network*, *uncertain reasoning* e *range data*, por exemplo e, por este motivo, provavelmente está deslocado bem à direita dos outros *clusters*.

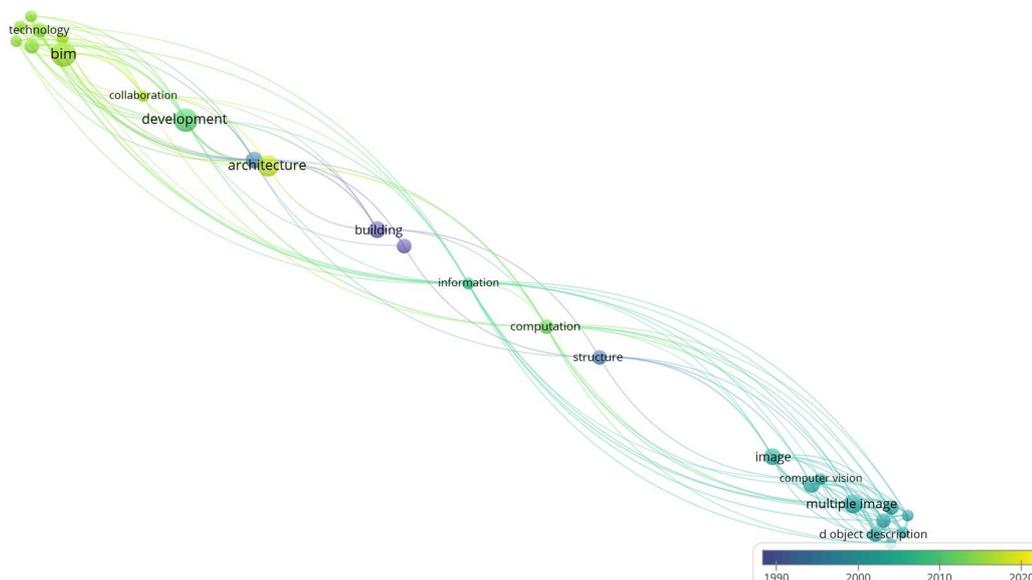
**Figura 23: Rede das 26 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a BDPS, por cluster**



**Fonte: O autor.**

A Figura 24 apresenta a rede com as 26 *palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Building Description System, colorizadas de acordo com o ano de ocorrência predominante para cada palavra*. São apenas três as palavras que têm destaque no período até 1990: *building*, *database* e *structure*. Próximo ao início dos anos 2000, as palavras ligadas a técnicas computacionais são as que passam a ter relevância. Mais adiante, por volta de 2005, as palavras *information* e *development* ganham importância. Depois de 2010, palavras ligadas a *bim* é que passam a ter destaque entre os textos publicados sobre *Building Description System*. Ao final do período, em 2016, a palavra destacada é *architecture*.

**Figura 24: Rede das 26 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a BDPS, por ano**



**Fonte: O autor.**

A seguir, é apresentada a *análise sintética para o conjunto dos resultados relacionados ao termo Building Description System e seu acrônimo, BDPS*. O termo *Building Description System* surgiu como forma de identificar um projeto de pesquisa conduzido Eastman, Lividini e Stoker (1975) na *Carnegie-Mellon University* e financiado pela *National Science Foundation (NSF)* e a *Advanced Research Projects Agency (ARPA)*, escritório de fomento vinculado ao gabinete da Secretaria de Defesa do governo dos Estados Unidos. A definição mais citada é uma referência que faz parte do mesmo projeto (EASTMAN, 1976), e a referência mais co-citada é, também, a mais antiga.

Além da definição já apresentada sobre *Building Description System*, sublinhada na p. 113, observou-se que os autores realizam um exercício de antevisão de como seria projetar no futuro, à semelhança de Engelbart (1962). Em sua previsão, Eastman, Lividini e Stoker (1975) acreditavam que projetos seriam criados a partir da manipulação interativa de bancos de dados; haveria um sistema de *backup* com uma grande biblioteca de elementos, armazenada local ou remotamente e mantida por algum serviço ou organização. Seria fácil adicionar elementos à biblioteca, e estes seriam criados a partir de uma mistura de entrada de dados gráficos e de texto. Os membros de uma equipe de projeto poderiam trabalhar na descrição de um mesmo

edifício de maneira remota, e o projeto seria armazenado em uma unidade de armazenamento de massa. Conforme o projeto avançaria, estimativas de custos, listas de materiais e o planejamento da obra estariam sendo preparados, e existiriam programas para analisar os edifícios do ponto de vista de códigos e regulações. Contratantes e fabricantes poderiam ordenar a fabricação de partes de forma automatizada e simular a sequência de construção. Ao final, a base de dados poderia ser usada para monitorar as operações, a manutenção predial, calcular a depreciação dos elementos construídos ou da edificação como um todo (EASTMAN; LIVIDINI; STOKER, 1975, p. 611).

Observou-se que, nesta referência, existem compreensões a respeito de como um *Building Description System* provocaria alterações nos processos que articulam as relações entre projetistas e construtores; portanto, acredita-se ser razoável afirmar que o significado atribuído a este termo também está em concordância com Eastman et al. (2008, p. 13). Portanto, dentro das investigações conduzidas nesta pesquisa, a descrição de BDPS pode ser compreendida como a *mais antiga e mais completa que relaciona todos os principais usos de um Building Information Model*, conforme as definições de referência para sistemas (AUTODESK, 2002), modelos (NIBS, 2007, p. 21) e processos (EASTMAN et al., 2008, p. 13). Faz-se necessário observar que este é um achado não-previsto pelos pressupostos e objetivos de pesquisa, mas que sua inclusão ao corpo do trabalho pode contribuir para a construção da contextualização histórica relacionada a *Building Information Modeling*.

Com relação ao *alcance do termo*, foi observado (Tabela 5) que 2 países têm pelo menos uma citação para uma referência que incluem *Building Description System* em títulos, palavras-chave ou resumos, e apenas os Estados Unidos tem mais 40 citações para o total de suas referências. Esta informação, associada à observação de que as referências de pesquisa foram publicadas entre 1975 e 1976, e aos gráficos da seção 4.1, indicam que o termo *Building Description System* não chegou a ser adotado de maneira ampla, mesmo que as publicações que façam uso deste termo estejam entre as mais citadas e influentes, como pode ser observado nesta pesquisa.

Na análise sobre as *palavras-chave utilizadas pelos autores*, observou-se diferença entre as temáticas abordadas até 2006, quando parece existir um grupo de pesquisadores que utilizava o termo *Building Description System*, e por volta de 2014, onde existem palavras que representam outros termos além de BDPS, mais a palavra-chave *history*. Isto pode ser um indício de que as palavras-chave naquele setor refletem textos de autores que publicaram revisões críticas ou pesquisas históricas sobre BIM, reforçando a percepção de que o termo não está sendo utilizado como identificador de pesquisas contemporâneas.

O levantamento sobre as *palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores* indicou que há alinhamento entre o que se pretendia publicar e as palavras-chaves declaradas pelos pesquisadores, com relação ao conteúdo dos clusters e à sequência temporal dos destaques. Foi observado que estes dois conjuntos de palavras (palavras-chave e palavras empregadas em títulos e resumos), por sua vez, reforçam as relações de semelhança entre os significados atribuídos a *Building Description System* para Eastman, Lividini e Stoker (1975) e Eastman (1976) e as respectivas definições de referência para *Building Information Modeling*.

#### 4.2.4 Building Design System (1975)

A *definição mais antiga* sobre *Building Design System* (BDGS) foi encontrada em Lesniak, Grodzki e Wintarski (1975). Os autores afirmam que *Building Design System* seria um sistema computacional de projetos de edifícios adequado à construção industrializada. Estes sistemas utilizariam algoritmos para interpretar determinado programa de necessidades e usar componentes armazenados em bancos de dados, obedecendo leis e normas de projeto, com o objetivo de gerar plantas e cortes automaticamente. Dois pequenos *building design systems* são apresentados naquele mesmo artigo (LESNIAK; GRODZKI; WINIARSKI, 1975, p. 169 e 170).

A *referência mais citada* que contém o termo é de Augenbroe (1992). Em *Integrated Building Performance Evaluation in the Early Design Stages*, o autor descreve um IIDBS (*Intelligent Integrated Building Design System*) como um sistema orientado a objeto capaz de oferecer uma descrição completa da edificação por meio de uma

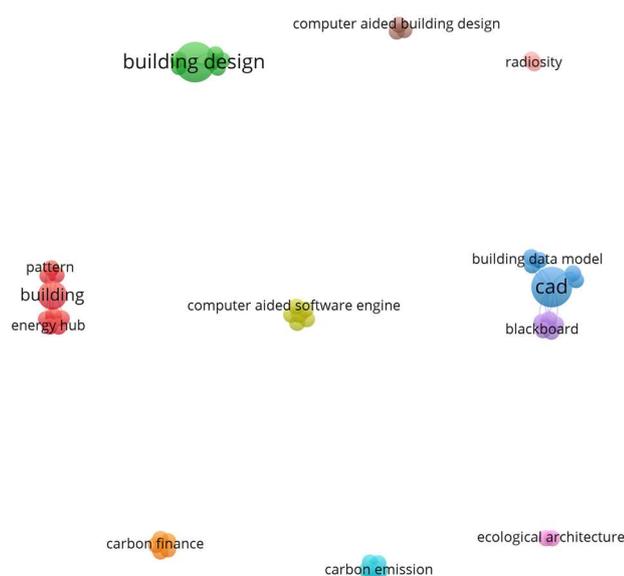
modelagem de dados conceitual, e que tal modelo de dados deveria partir de uma especificação de padrão neutro; à época, o STEP era a opção sugerida por aquele autor. Augenbroe (1992) afirma que, “considerando a quantidade de P&D necessária para implementar um *Intelligent Integrated Building Design System*, torna-se importante distinguir duas áreas de integração, refletindo as duas abordagens” a serem adotadas (AUGENBROE, 1992, p. 153, tradução nossa). O autor se refere à integração entre dados e processos (*data integration* e *process integration*) e afirma que, mesmo que as abordagens sejam diferentes em seus métodos, o uso combinado destas proporcionaria, à época, uma grande contribuição para o desenvolvimento do *Intelligent Integrated Building Design System* (AUGENBROE, 1992, p. 153).

Na *referência mais co-citada* pelos autores que citam BDGS nos artigos que compõem a amostra desta pesquisa (FENVES et al., 1990), é proposto o uso do termo *Integrated Building Design Environment* (IBDE), criado para dar nome a um protótipo de um sistema desenvolvido pelos autores do artigo. O IBDE teria sido um sistema computacional construído para integrar informações geradas por sete programas independentes (para arquitetura, estrutura, fundações, planejamento etc.), com o propósito de integrar as disciplinas, gerar múltiplas vistas de um edifício, melhorar a comunicação entre parceiros de projeto, facilitar processos de automação e minimizar questões relacionadas à compatibilidade entre *hardware* e *software* entre organizações.

A Figura 25 apresenta o mapa com as **50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Building Design System**. Para esta investigação, foram excluídos o termo de referência e seus sinônimos. A ferramenta VOSviewer identificou 10 *clusters*, e não houve quantidade de dados suficientes para que uma rede completa fosse formada. O *cluster* vermelho é o maior, com nove palavras, e tem a palavra-chave *building* como principal; agrega as palavras *pattern*, *optimization*, *operation*, entre outras. No topo da figura estão os *clusters* verde, com prevalência de *building design*, e marrom, com destaque para *computer-aided building design*. Percebeu-se que estes três *clusters* (vermelho, verde e marrom) parecer agrupar trabalhos relacionados à modelagem de edificações com vistas a questões construtivas, estruturais e de fabricação. Os *clusters* laranja (*carbon finance*), azul claro

(*carbon emission*) e rosa (*ecological architecture*) provavelmente se referem a pesquisas com temáticas orientadas à sustentabilidade, algo ainda não notado com tal expressão para os termos até então investigados. O *cluster* amarelo (*computer-aided software engine*) e o *cluster* cor-de-pele (*radiosity*) tratam de questões relacionadas à métodos computacionais que dão suporte à modelagem. O *cluster* azul escuro (*cad*) está unido ao *cluster* roxo (*blackboard*); o grupo azul parece representar trabalhos que tratam da modelagem de dados orientada ao projeto de edificações, enquanto o *cluster* roxo, provavelmente, tem relação com pesquisas que tratam de processos e de gestão do conhecimento aplicadas à modelagem, em alinhamento com a proposição de Augenbroe (1992), apontada no início desta seção.

**Figura 25: Mapa das 50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Building Design System, por cluster**

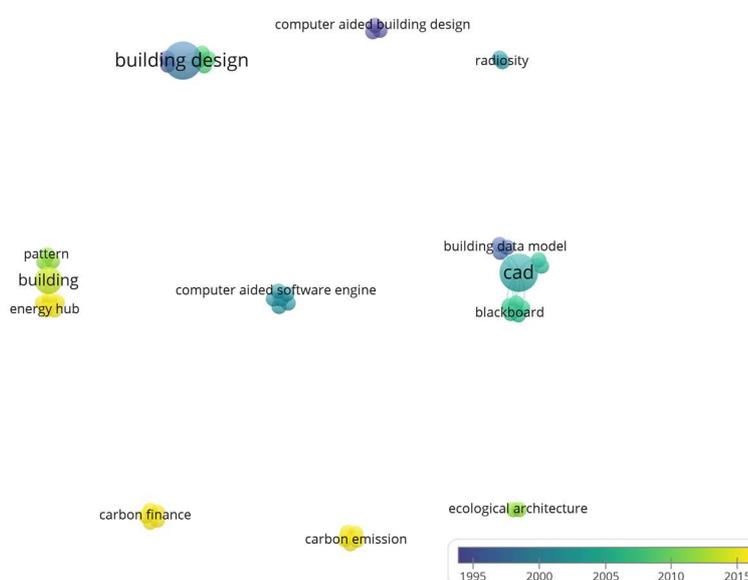


**Fonte: O autor.**

A Figura 26 apresenta o mapa com as 50 palavras-chave utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a BDPS, colorizadas de acordo com o ano de ocorrência predominante para cada uma delas. Para esta pesquisa, foram excluídos o termo e seus sinônimos. Até 1995 as palavras-chave em destaque são *computer-aided building design*, *interactive design*, *floorplaning*, *design for assembly*, *design tool*, *data exchange* e *building data model*. Em meados dos anos 2000, a palavra-chave com mais destaque é *cad*; seguem-se a ela todas as palavras dos *clusters* amarelo e cor-de-pele,

orientados a métodos computacionais. Entre 2005 e 2010, emergem as palavras-chave relacionadas à análise estrutural (grupos vermelho e verde), checagem de regras (grupos verde e azul escuro), e todo o cluster roxo, relacionado a processos. A partir de 2010, as demais palavras-chave tem destaque: são, principalmente, as ligadas à sustentabilidade, o que pode ser indicativo de que pesquisadores de diferentes áreas temáticas passaram a adotar o termo *Building Design System* ao longo do tempo.

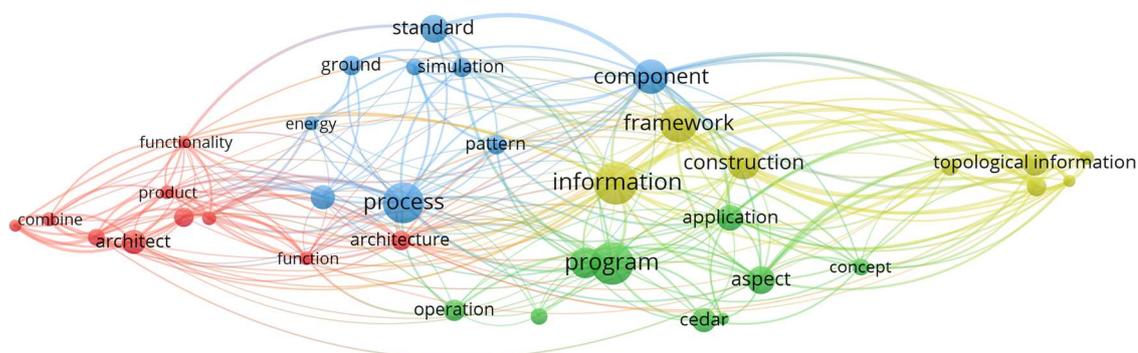
**Figura 26: Mapa das 50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a *Building Design System*, por ano**



**Fonte: O autor.**

A Figura 27 apresenta a rede com as 26 *palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Building Design System*. A ferramenta VOSviewer identificou 4 *clusters*. O *cluster* amarelo é o mais importante, com a palavra *information*, no centro da figura, conectando todos os *clusters*. No *cluster* amarelo destacam-se, também, as palavras *framework*, *construction topological information* e *building component*. O *cluster* verde está localizado abaixo e à direita do amarelo e tem as palavras *program*, *application* e *database* (texto não-visível) como principais. O grupo vermelho, à esquerda, tem as palavras *architect* e *architecture* em destaque; as palavras *product*, *design prototype* e *function* fazem parte deste *cluster*. O *cluster* azul dá destaque às palavras *component* e *process* e é formado, também, pelas palavras *standard*, *design tool*, *pattern* e *simulation*.

**Figura 27: Rede das 26 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a BDPS, por cluster**



**Fonte: O autor.**

A Figura 28 apresenta a rede com as 26 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a *Building Design System*, colorizadas de acordo com o ano de ocorrência predominante para cada palavra. Para esta pesquisa, foram excluídos o termo e seus sinônimos. As palavras que têm destaque até 1990 são *program*, *database*, *cedar*, *aspect*, *architect*, *implementation* e *prototype*. Em meados de 1995 se tornam relevantes as palavras *standard*, *design tool*, *application*, *concept* e *architecture*. Perto do ano 2000, *process*, *information*, *framework*, *topological information*, *building component* recebem destaque. Entre 2000 e 2005, as palavras *construction*, *operation* e *component* aparecem com relevância e, ao final do período, as palavras *energy*, *ground*, *pattern* e *change* são destacadas. Existem algumas palavras empregadas nos títulos e resumos que acompanham a evolução observada nas palavras-chave atribuídas pelos autores, mas não com a mesma variabilidade de temas que aparecem no mapeamento de palavras-chave.



em Lesniak, Grodzki e Winiarski (1975), atribuiu-se à definição porposta por Fenves et al. (1990) semelhança de significado com Autodesk (2002).

Com relação ao *alcance do termo*, foi observado (Tabela 5) que 17 países têm pelo menos uma citação para uma referência que incluem *Building Design System* em títulos, palavras-chave ou resumos, e são 3 os países que têm mais de 80 citações para seu conjunto de referências. Esta informação, associada à observação de que as referências de pesquisa foram publicadas entre 1975 e 1992 e aos gráficos da seção 4.1, indicam que o termo *Building Design System* foi utilizado por uma quantidade representativa de pesquisadores durante quase 20 anos. Observou-se, contudo, que o termo tem sido pouco usado em novos desenvolvimentos.

Na análise sobre as *palavras-chave utilizadas pelos autores*, observou-se que as temáticas abordadas são muito similares às temáticas contemporâneas relacionadas a BIM. A Figura 45 (ver apêndice A, seção ii) reforça a percepção de que ainda existem pesquisas recentes que utilizam BDGS, com a presença das palavras *energy hub*, *carbon finance* e *carbon emission* em destaque para o ano de 2015.

O levantamento sobre as *palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores* indicou que os pesquisadores utilizam palavras, nos conteúdos, que estão em acordo com as palavras-chaves declaradas. Isto foi observado na visualização por *clusters* e pela sequência temporal dos destaques. Os dois conjuntos de palavras (palavras-chave e palavras empregadas em títulos e resumos), portanto, confirmam a relação de semelhança de significado entre *Building Design System* e *Building Information Modeling*.

#### 4.2.5 Integrated Building Model (1980)

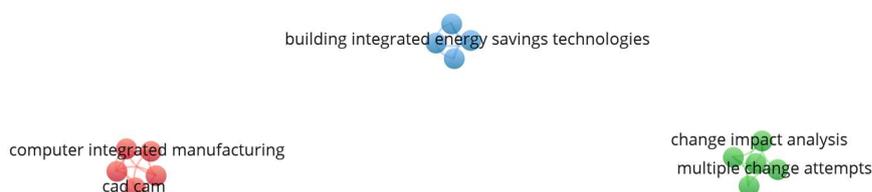
A *definição mais antiga* a respeito do termo *Integrated Building Model* (IBM), para esta pesquisa, foi encontrada na referência *Prototype integrated building model*, de Eastman (1980). A pesquisa desenvolvida por Eastman teve, por objetivo, desenvolver um sistema capaz de realizar revisões automatizadas de projetos a partir de modelos, que poderiam ter sido criados em qualquer outro sistema. Seriam

realizadas análises funcionais, estruturais, térmicas, para orçamento e modelagem financeira O *Integrated Building Model* também deveria, de acordo com o contrato, ser ampliado até que se tornasse um sistema completo, com ferramentas para projetar (EASTMAN, 1980, p. 115).

A referência *Prototype integrated building model*, de Eastman (1980) é, também *a mais citada* entre as que fazem parte da amostra. Não existiram dados em quantidade suficiente para a produção de amostra para a busca da referência *mais co-citada*.

A Figura 29 apresenta o mapa com as *14 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Integrated Building Model*. A ferramenta *VOSviewer* identificou 3 *clusters*, e não houve quantidade de dados suficientes para que uma rede completa fosse formada. O *cluster* vermelho, à esquerda, tem as palavras-chave *cad cam* e *computer-aided manufacturing* como principais. O grupo azul, na parte de cima da figura, dá destaque à palavra-chave *building integrated energy savings technologies*, e o *cluster* verde, à direita, destaca as palavras-chave *change impact analysis*, *integrated product content* e *variant product design*. Observou-se que dois *clusters*, o azul e o verde, indicam a existência de trabalhos orientados a análises e simulações energéticas e para cálculos de impacto de mudanças, e o grupo vermelho contém palavras que podem indicar trabalhos relacionados à engenharia de manufatura, área temática que não faz parte do escopo desta pesquisa.

**Figura 29: Mapa das 14 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Integrated Building Model, por cluster**

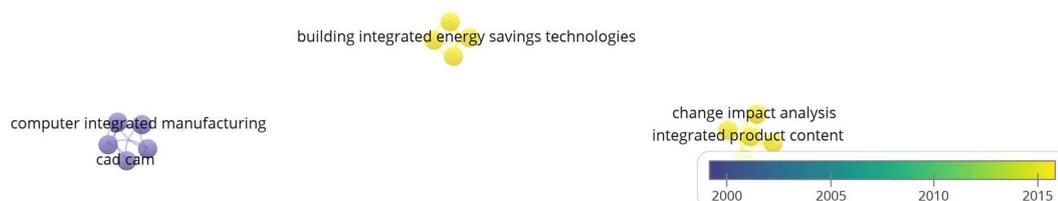


**Fonte: O autor.**

A Figura 30 apresenta o mapa com as *14 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Integrated Building Model, colorizadas de acordo com o ano de ocorrência predominante para cada*

*palavra*. As palavras-chave que têm destaque até o ano 2000 são as do *cluster* vermelho, relacionadas à área temática da engenharia de manufatura. As palavras-chave dos *clusters* azul e verde, orientadas a análises e simulações, ganham relevância a partir de 2015.

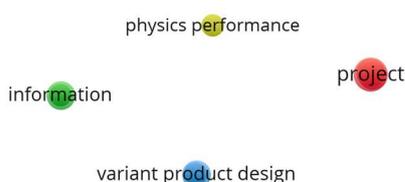
**Figura 30: Mapa das 14 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Integrated Building Model, por ano**



**Fonte: O autor.**

A Figura 31 apresenta o mapa com as **19 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Integrated Building Model**. A ferramenta VOSviewer identificou 4 *clusters*, mas não há formação de rede entre eles. O *cluster* vermelho é o mais que agrega mais palavras, e *project* é a palavra que se destaca. Outras palavras deste *cluster* são *finance*, *pricing*, *cost recovering*, *affordability*, o que é um indício de que este grupo de palavras faz referência a trabalhos sobre análise de custos e financiamentos de empreendimentos. Os *clusters* verde (*information*), azul (*variant product design*) e amarelo (*physics performance*) reúnem palavras-chave de temáticas um pouco diferentes, porém pode ser observada uma tendência a que estes grupos representem trabalhos sobre análises realizadas a partir de modelos.

**Figura 31: Rede das 19 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Integrated Building Model, por cluster**

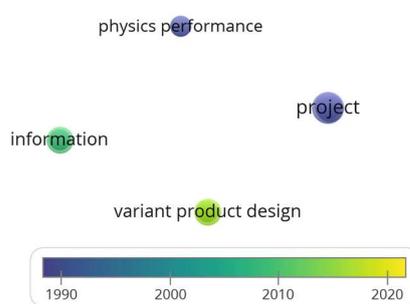


**Fonte: O autor.**

A Figura 32 apresenta a rede com as **19 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Integrated Building**

*Model, colorizadas de acordo com o ano de ocorrência predominante para cada palavra.* Todas as palavras do *cluster* azul, ligadas a análise de custos e financiamentos de empreendimentos, e do *cluster* amarelo (*physics performance*), tem destaque até 1990. Entre 2000 e 2010, a palavras *product*, do *cluster* verde, e as palavras *information* e *aspect*, do grupo azul, são as destacadas. A maior parte das palavras relevantes que emergem dos textos dos autores, a partir 2010, para este termo, estão no *cluster* verde (*variant product analysis*), e há também, no *cluster* azul, a palavra *thermal comfort*, relevante para esta época.

**Figura 32: Rede das 19 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a *Integrated Building Model*, por ano**



**Fonte: O autor.**

A seguir, é apresentada a *análise sintética para o conjunto dos resultados relacionados ao termo *Integrated Building Model* e seu acrônimo, IBM.* O termo *Integrated Building Model* foi cunhado por Charles Eastman como resultado de um trabalho coordenado por ele, quando pesquisador e professor da *Carnegie-Mellon University*. O projeto de pesquisa foi contratado no final da década de 1970 pela *United States Army Corps of Engineers*, agência de projetos e construção do exército norte-americano (EASTMAN, 1980) . A mesma referência é a mais citada, e não há referência co-citada.

Com relação ao *alcance do termo*, foi observado (Tabela 5) que 4 países têm pelo menos uma citação para uma referência que inclui *Integrated Building Model* em títulos, palavras-chave ou resumos. Três países têm mais de 80 citações para seu conjunto de referências. Estas informações, associadas ao fato de que somente uma referência relevante de pesquisa foi encontrada (EASTMAN, 1980) e aos gráficos da seção 4.1, que registram publicações com o termo por volta de 2015, indicam que o

termo *Integrated Building Model* foi utilizado por uma pequena quantidade de pesquisadores, nove no total, entre 1965 e 2018.

Na análise sobre as *palavras-chave utilizadas pelos autores*, observou-se que a maior parte das temáticas abordadas são similares aos temas relacionados à definição de *Building Description System*, por Lesniak, Grodzki e Winiarski (1975) e há um grupo de assuntos que não tem relação direta com esta pesquisa. A Figura 29 apresenta dois *clusters* com palavras de destaque em 2015, reforçando a percepção de ainda existem pesquisas recentes que utilizam o termo *Integrated Building Model*.

O levantamento sobre as *palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores* indicou que os estes utilizam palavras, nos conteúdos, que estão em acordo com as palavras-chaves declaradas. Isto foi observado na visualização por *clusters* e pela sequência temporal dos destaques. Estes conjuntos de palavras (palavras-chave e palavras empregadas em títulos e resumos) confirmam a relação de semelhança de significado entre *Integrated Building Model* e a definição de referência para a categoria processos, por Autodesk (2002).

#### 4.2.6 Design Data Model (1982)

A *definição mais antiga* encontrada sobre o termo *Design Data Model* nesta pesquisa está em Foisseau e Vallete (1982). Na referência *A computer aided design data model: FLOREAL*, os autores argumentam que, à época, os sistemas de bancos de dados eram desenvolvidos apenas para operações administrativas, ou seja, não-relacionadas a projetos de arquitetura e engenharia. O trabalho dos pesquisadores teve o objetivo de apresentar uma especificação para um sistema de bancos de dados orientados a projetos (FOISSEAU, J.; VALETTE, F. R., 1982, p. 315).

De acordo com os autores, o modelo de banco de dados para CAD deveria permitir representar um objeto por várias descrições, e todas as visões deste objeto deveriam ser coerentes. A operação do banco de dados deveria ser realizada por meio de um sistema interativo associado ao sistema CAD, que deveria auxiliar o projetista e não apenas avaliar as soluções propostas por este (FOISSEAU, J.; VALETTE, F. R., 1982,

p. 321). O significado atribuído à *Design Data Model*, teria sua definição associada às definições de referência para sistemas, de Autodesk (2002), e modelos, por NIBS (2007, p. 21).

A *referência mais citada* que contém uma definição sobre *Design Data Model*, dentro da amostra pesquisada, é de Li e Liu (2012). Os autores utilizam o termo *Multi-hierarchical and Integrated Product Design Data Model* (MH-iPDM foi o acrônimo proposto pelos autores) para descrever um modelo conceitual para o desenvolvimento de um serviço que teria o propósito de realizar a integração e o compartilhamento de dados de diferentes formatos para participantes dispersos geograficamente, que utilizam plataformas distintas Li e Liu (2012, p. 368).

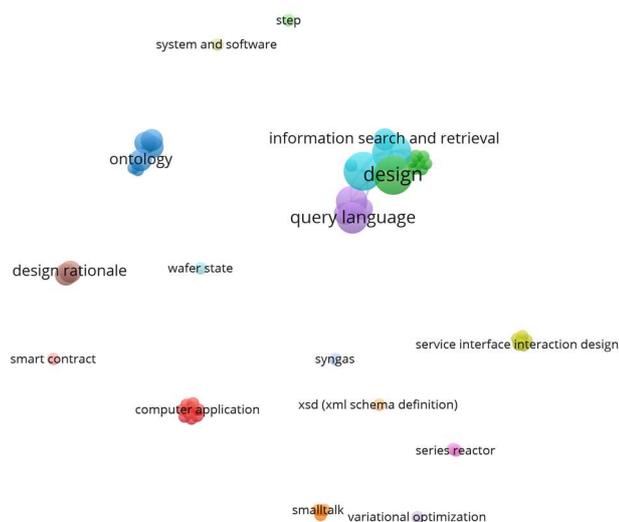
Observou-se que o trabalho de Lu e Liu (2012) apresenta um conjunto de estruturas conceituais e descrições de um protótipo de um serviço web orientado à hospedagem, visualização e análise de dados. Este tipo de serviço é conhecido, entre os agentes do setor da AECO, como *Common Data Environment* (CDE), ou ambiente comum de dados. A partir da leitura da referência, foi possível perceber que o sistema foi desenvolvido para dar suporte a arquivos CAD, CAM (*Computer-Aided Manufacturing*) e CAE (*Computer-Aided Engineering*) para análises de projetos de aeronaves, e não existem referências explícitas a projetos de arquitetura, modelagem de edifícios ou BIM. Desta forma, foi constatado que o significado atribuído a *Design Data Model*, nesta referência, está relacionado à tecnologia e sistemas, porém não é possível considerar que exista relação de semelhança com quaisquer das definições de referência elencadas para esta pesquisa.

A *referência mais co-citada* pelos autores que citam *Design Data Model*, entre as referências que compõem a amostra desta pesquisa (HALASZ, 2001), não contém uma definição sobre este termo. No artigo *Reflections on NoteCards: Seven Issues for the Next Generation of Hypermedia Systems*, os autores avaliam questões relacionadas ao desenvolvimento de uma aplicação chamada *NoteCards* para discutir importantes questões abordadas no desenvolvimento de sistemas hipermídia para a época: pesquisa e consulta, nós de composição, estruturas virtuais, mecanismos

computacionais, controle de versão, trabalho colaborativo e adaptabilidade (HALASZ, 2001).

A Figura 33 apresenta a rede das *50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Design Data Model*. A ferramenta VOSviewer identificou 16 *clusters*. Existe um conjunto formado por três *clusters*, reunindo dezesseis palavras-chave, que tem as palavras *theory* (*cluster* azul claro), *design* (*cluster* verde) e *query language* (*cluster* roxo) como principais. O *cluster* vermelho é o que tem mais palavras-chave, e apresenta a palavra *computer application* em destaque. O grupo azul escuro, que tem as palavras-chave *ontology* e *multidisciplinary design optimization (mdo)* em destaque, reúne seis palavras. Estes são os *clusters* que, provavelmente, apresentam palavras que representam trabalhos que afinidade mais direta com *Building Information Modeling*. Os outros onze *clusters* representam temáticas que fazem parte do corpo de conhecimento associado a BIM do ponto de vista das técnicas computacionais, como pode ser percebido pela presença das palavras-chave *step*, *design rationale*, *xsd (xml schema definition)*, entre outras.

**Figura 33: Rede das 50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Data Design Model, por cluster**

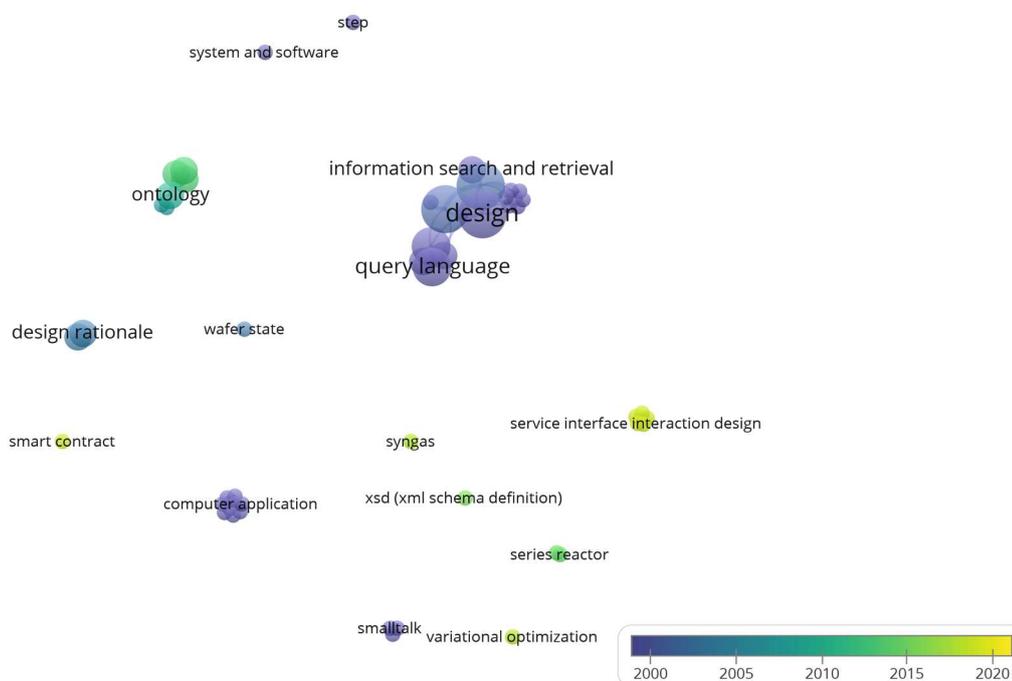


**Fonte: O autor.**

A Figura 34 apresenta a rede com as *50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Design Data Model, colorizadas de acordo*

com o ano de ocorrência predominante para cada palavra. Percebeu-se que 36 palavras-chave tem destaque até o ano de 1990, e oito tem destaque entre 2010 e 2015, sendo todas do *cluster* azul escuro, mais *series reactor*, no *cluster* roxo, e *xsd* (*xml schema definiton*), no *cluster* laranja. Depois de 2015 há destaque para as oito palavras-chave restantes: todas as do *cluster* amarelo (*service interface interation design*), além de *syngas*, *variational optimization* e *smart contract*. Entre os termos investigados nesta pesquisa, esta foi maior proporção encontrada de palavras-chave para um intervalo de tempo mais antigo.

**Figura 34: Mapa com as 50 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Design Data Model, por ano**

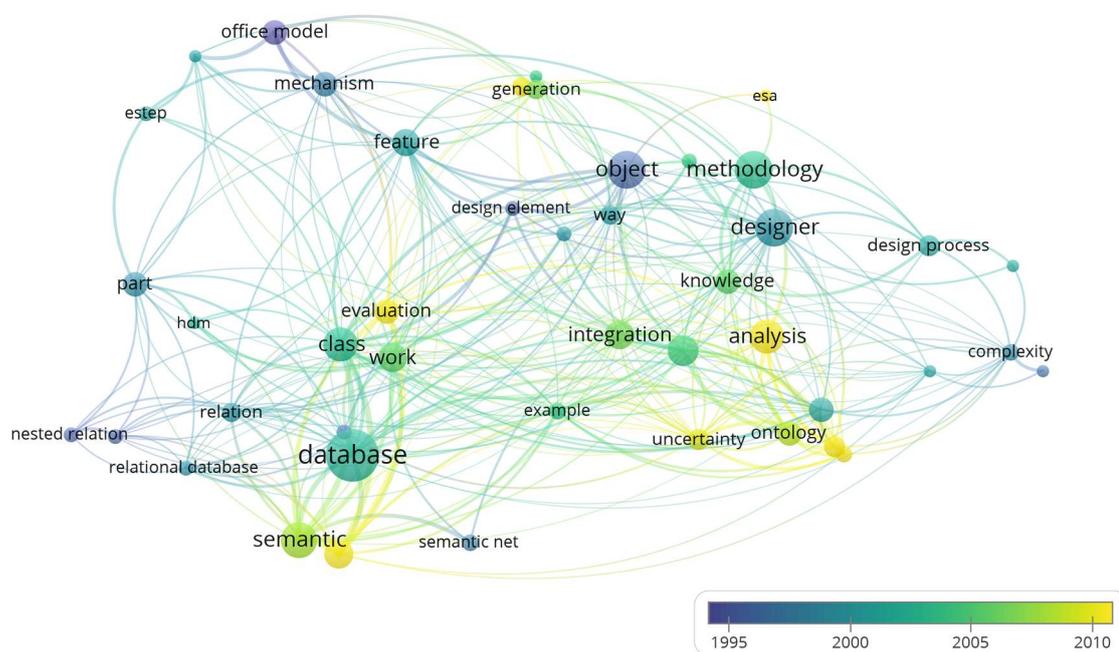


**Fonte: O autor.**

A Figura 35 apresenta a rede das 45 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Design Data Model. A ferramenta VOSviewer identificou 6 clusters. O cluster amarelo apresenta a palavra mais destacada, *database*, que parece representar corretamente a temática deste grupo. O cluster roxo tem as palavras *class*, *object* e *methodology* em destaque. O cluster azul claro traz as palavras *semantic*, *evaluation* e *work* como relevantes. O cluster azul escuro apresenta *analysis*, *ontology* e *relationship* em destaque. Todos os grupos citados parecem fazer referência a temáticas relacionadas a estruturas conceituais,



**Figura 36: Rede das 45 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Design Data Model, por ano**



**Fonte: O autor.**

A seguir, é apresentada a *análise sintética para o conjunto dos resultados relacionados ao termo Design Data Model e seu acrônimo, DDM*. Ao realizar a avaliação das definições atribuídas ao termo *Design Data Model* na referência mais antiga, na mais citada e na mais co-citada, observou-se que a definição mais antiga, de Foisseau e Vallete (1982) guarda semelhança de significado com as definições de NIBS (2007, p. 21), relacionado à categoria modelos e Autodesk (2002), que representa a categoria sistemas. A definição mais citada atribuída a *Design Data Model*, por Lu e Liu (2012), por outro lado, associa o termo à proposição de um modelo conceitual para o desenvolvimento de um serviço web de hospedagem, visualização e análise de projetos de aeronaves. Portanto, a definição de *Design Data Model* de Lu e Liu (2012) teria se afastado dos significados de referência para esta pesquisa, em uma indicação de que: a) este termo teve seu uso expandido, do campo relacionado à computação para projetos para outras áreas das ciências ou b) já seria utilizado em outras áreas, e também foi apropriado por esta área do conhecimento em um determinado período de tempo. Esta percepção foi reforçada pela leitura do trabalho mais co-citado pelos autores que utilizam o termo *Design Data Model* (HALASZ, 2001). O artigo discute limitações proporcionadas por bancos de dados

estáticos e apresenta as vantagens do uso de bancos de dados relacionais, como argumentos similares aos expostos por Foisseau e Valette (1982).

Com relação ao *alcance do termo*, foi observado (Tabela 5) que 16 países têm pelo menos uma citação para uma referência que inclui *Design Data Model* em títulos, palavras-chave ou resumos. Três países têm mais de 80 citações para seu conjunto de referências, e um deles, os Estados Unidos, tem mais de 160 citações para todas suas referências, somadas. Ao se associar estas informações ao intervalo de tempo representado pelas referências pesquisadas para leitura (1982 a 2012) e à observação de que as referências de pesquisa foram publicadas entre 1975 e 1976, e aos gráficos da seção 4.1, foi possível observar que termo *Design Data Model* continua sendo utilizado pelos pesquisadores, mesmo que em números menores (em valores absolutos e proporcionais, com relação ao volume de produção e à abrangência de países) do que na década de 1990, conforme pode ser observado na Tabela 14.

Na análise sobre as *palavras-chave utilizadas pelos autores*, observou-se que a maior parte das temáticas abordadas não são similares à maior parte dos temas relacionados a BIM. O levantamento sobre as *palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores* indicou que estes utilizam palavras, nos conteúdos, que estão em acordo com as palavras-chaves declaradas. Isto foi observado na visualização por *clusters* e pela sequência temporal dos destaques. As palavras empregadas pelos autores, assim como as palavras-chave, também não representam, de modo simétrico, os grupos de palavras relacionadas a *Building Information Modeling*.

#### 4.2.7 Building Product Model (1989)

A *definição mais antiga e mais citada* sobre o termo *Building Product Model* (BPM) foi encontrada em *Basic structure of a proposed building product model* (BJÖRK, 1989). No trabalho, o autor argumenta que um *Building Product Model* deveria a) conter toda a informação que diz respeito a uma edificação, seus objetos, atributos, assim como as relações entre os objetos e seus dados, b) cobrir todos os estágios de um processo construtivo, de modo que o modelo possa ser expandido e alterado, pelos diversos

participantes, para atender às demandas de todo o ciclo de vida do projeto e obra, c) possibilitar a emissão de documentos de saída de dados, como desenhos e outras informações, de modo flexível e d) ser uma representação digital da construção independente de hardware ou software (BJÖRK, 1989, p. 72). Observou-se, portanto, que o significado atribuído a *Building Product Model* por Björk (1989) está associado às definições de BIM de referência para modelos (NIBS, 2007, p.21) e sistemas (AUTODESK, 2002) com mais intensidade, e existe o indicativo da importância de definição da relação entre os estágios do processo de construção aos papéis dos agentes, em uma referência à definição BIM de referência para processos (EASTMAN et al., 2008, p. 13).

A *referência mais co-citada* pelos autores que citam *Building Product Model* entre as que compõem a amostra desta pesquisa é o livro *Building Product Models* (EASTMAN, 1999b), a primeira grande publicação que orienta o desenvolvimento do corpo de conhecimento abrigado, hoje, pelo termo *Building Information Modeling*. No prefácio do livro, Eastman argumenta que toda a produção relacionada ao tema, à época, se concentra em trabalhos apresentados em conferências e publicados em *journals*. O livro foi idealizado para reunir os aspectos fundamentais desta especialidade, com o propósito de ser útil às pessoas que trabalham na indústria, em pesquisas na área, e aos estudantes de pós-graduação de Engenharia Civil, Arquitetura e Construção de Edifícios (EASTMAN, 1999b). Para o autor, um *Building Product Model* seria a

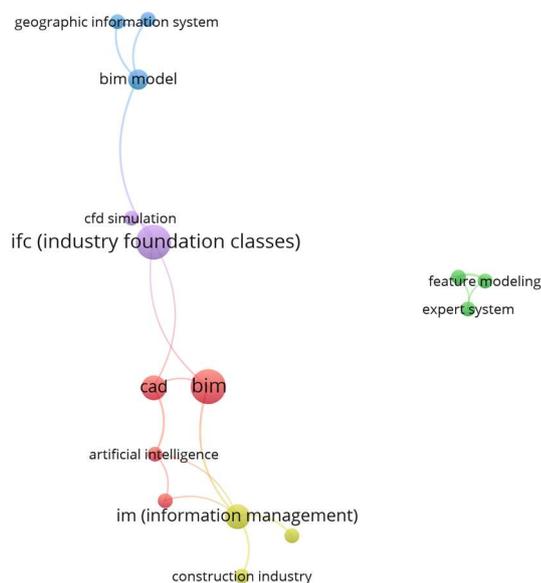
“representação digital dos objetos que compõem um edifício, retratando a sua forma, seu comportamento e as relações entre suas partes e montagens. Um modelo de produção da construção (BPM) tem potencial para ser uma representação de um edifício mais rica do que qualquer conjunto de desenhos e pode ser implementado de várias maneiras, como um arquivo ASCII ou como um banco de dados. Os dados no modelo serão criados, manipulados, avaliados, revisados e apresentados usando diferentes aplicativos e extensões das atuais ferramentas de projeto e engenharia. Novas soluções poderão ser criadas a partir das possibilidades que surgem a partir desta nova base de informações. Desenhos tradicionais serão um entre os muitos tipos de saída de dados que serão gerados a partir desta nova representação” (EASTMAN, 1999b, Prefácio, tradução nossa).

Desta forma, foi observado que Eastman (1999a) relaciona o termo *Building Product Model* a tecnologias de modelagem para a reprodução digital de um edifício.

Percebeu-se que esta definição guarda semelhança com o significado atribuído a *Building Information Model* por NIBS (2007, p. 21).

A Figura 37 apresenta a rede das **15 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Building Product Model**. A ferramenta VOSviewer identificou 5 *clusters*. Existe um *cluster* isolado, em verde, formado pelas palavras *feature modelling*, *expert system* e *object-oriented modeling* (texto não-visível). No lado esquerdo da figura há uma rede formada por quatro *clusters*. O *cluster* roxo só tem duas palavras, mas abriga a principal palavra da rede, *ifc* (*industry foundation classes*), que articula todas as outras. As palavras *bim* e *cad* são as mais relevantes do grupo vermelho, logo abaixo. A ponta inferior da rede é completada pelo *cluster* amarelo, que destaca as palavras-chave *im* (*information management*), *industrialized construction* e *construction industry*. Na parte superior da rede está o *cluster* azul, com as palavras-chave *bim model*, *geographic information system* e *indoor representation*.

**Figura 37: Rede das 15 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Building Product Model, por cluster**

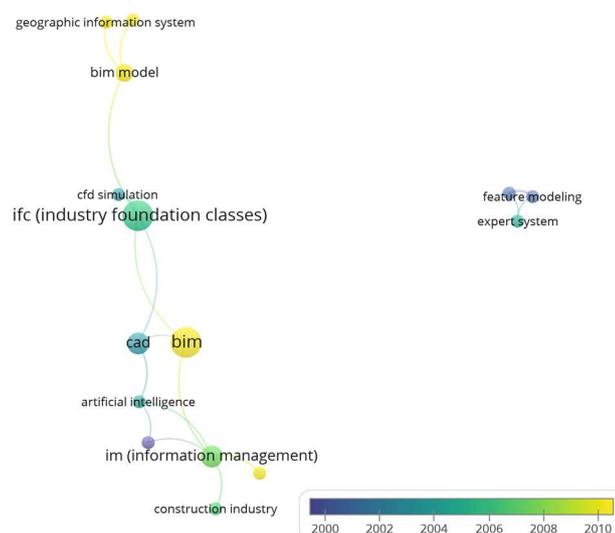


**Fonte: O autor.**

A Figura 38 apresenta o mapa das **15 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Building Product Model, colorizadas de acordo com o ano de ocorrência predominante para cada palavra**. Para esta pesquisa, foram excluídos o termo e seus sinônimos. Observou-se que as palavras-chave com

uso destacado até o ano 2000 são *feature modeling*, *object-oriented modeling* (texto não-visível) e *building design* (texto não-visível). Entre o ano 2000 e 2004, percebeu-se o destaque das palavras-chave *cad*, *expert system*, *artificial intelligence* e *cfđ simulation*. As palavras-chave *ifc* (*industry foundation classes*), *construction industry* e *im* (*information management*) tem sua relevância destacada entre 2006 e 2008, enquanto *bim*, *bim model*, *geographic information system* e *indoor representation* apresentam destaque a partir de 2010.

**Figura 38: mapa das 15 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Building Product Model, por ano**

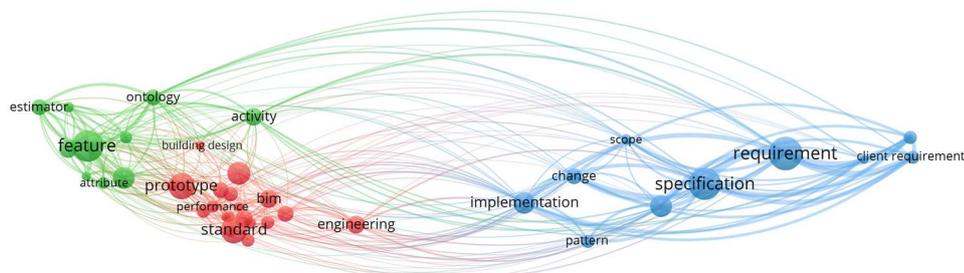


**Fonte: O autor.**

A Figura 39 apresenta a rede das 40 palavras-chave mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Building Product Model. A ferramenta VOSviewer identificou 3 clusters. As palavras *implementation*, do grupo verde e *engineering*, do cluster vermelho, são as principais articuladoras da rede. O cluster azul tem *requirement*, *solution*, *specification* e *implementation* como palavras de mais destaque, e parece representar trabalhos relacionados à especificação de modelos de produção da construção. O grupo vermelho apresenta as palavras *standard*, *prototype*, *space* e *bim*, além de *engineering*, já mencionada, como relevantes, o que pode ser um indício de que este cluster representa pesquisas sobre modelos de produção da construção. O cluster verde, à esquerda, dá destaque a *feature*, *estimator*, *ontology*, *activity* e *component* (texto não-visível), e parece representar

trabalhos que abordam temas relacionados a usos para os modelos de produção da construção.

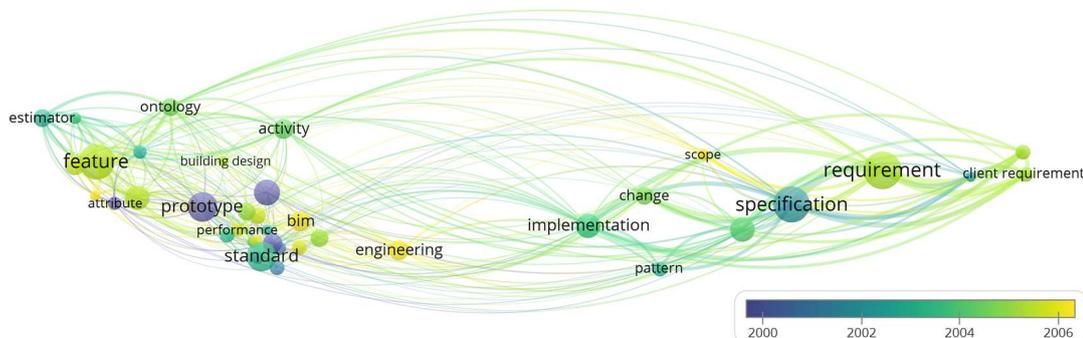
**Figura 39: Rede das 40 palavras mais empregadas pelos autores nos títulos e resumos das referências da amostra relacionada a BPM, por cluster**



**Fonte: O autor.**

A Figura 40 apresenta a rede com as 40 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Building Product Model, colorizadas de acordo com o ano de ocorrência predominante para cada palavra. Até o ano 2000, são destacadas as palavras *prototype*, *space*, *computer* e *attribute* e, em meados de 2002, *operation* e *construction industry* ganham relevância. Entre 2002 e 2004, as palavras *specification*, *standard*, *estimator*, *implementation* e *support* ganham destaque. As palavras *requirement*, *change*, *feature*, *ontology* e *activity* tem relevância destacada entre 2004 em 2006. A partir de 2006, *engineering*, *bim*, *scope*, *cad* (texto não-visível), *ifc* (texto não-visível) e *performance* (texto não-visível) estão entre as mais relevantes.

**Figura 40: Rede das 40 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Building Product Model, por ano**



**Fonte: O autor.**

A seguir, é apresentada a *análise sintética para o conjunto dos resultados relacionados ao termo Building Product Model e seu acrônimo, BPM*. O significado

atribuído ao termo *Building Product Model* surge, para esta pesquisa, em um relato de Björk (1989) publicado na revista *Computer-Aided Design*. O trabalho apresenta alguns resultados de um esforço de pesquisa coordenado pelo governo da Finlândia, que ficou conhecido como projeto RATAS, uma das iniciativas pioneiras em desenvolvimento, pesquisa, fomento e implementação de BIM no mundo (BJÖRK, 2009). Em alguns trechos de seu trabalho Björk (1989) deixa clara a importância de aplicação de tecnologias e processos de modo integrado para se obter um *Building Product Model*. Sendo assim, foi possível afirmar que esta definição está alinhada ao significado atribuído a *Building Information Modeling* de referência para processos (EASTMAN et al., 2008, p. 13), assim como à definição de Succar (2009).

A definição de Eastman (1999a), extraída da *referência mais co-citada* entre os autores que utilizam o termo *Building Product Model* em seus trabalhos, faz uso do termo a partir de uma perspectiva tecnológica. Desta forma, percebeu-se que o significado relacionado a BPM, nesta referência, está relacionado a estratégias de definição, caracterização e desenvolvimento de modelos de produção da construção (BPMs). Portanto, o significado atribuído a *Building Product Model* (EASTMAN, 1999a), guarda semelhança de significado com os termos BIM de referência relacionados a sistemas (AUTODESK, 2002) e modelos (NIBS, 2007, p. 21).

Com relação ao *alcance do termo*, foi possível observar, na Tabela 5, que 14 países têm pelo menos uma citação para uma referência que inclui *Building Product Model* em títulos, palavras-chave ou resumos. Cinco são os países que têm mais de 160 citações para seu conjunto de referências; um deles, os Estados Unidos, tem mais de 320 citações para todas suas referências, somadas. Ao se associar estas informações ao intervalo de tempo representado pelas referências pesquisadas para leitura (1989 a 1999), aos gráficos da seção 4.1 e às Tabelas 15 e 16, foi possível observar que o termo *Building Product Model* tem maior ocorrência na primeira metade da década de 2000 e depois seu uso vai diminuindo, o que pode ser um indício que os pesquisadores podem ter decidido utilizar BIM para fazer referência aos seus trabalhos, deixando de utilizar BPM. Na Introdução deste trabalho foram enumerados os primeiros trabalhos acadêmicos publicados onde o termo *Building Information Modeling* é

utilizado. O segundo da lista é *Development of a Knowledge-Rich CAD System for the North American Precast Concrete Industry*, de Eastman, Sacks e Lee (2003), onde afirmam que “*Journals and AEC software firms have adopted the term “Building Information Model” (BIM) to refer to this new technology*” (EASTMAN; SACKS; LEE, 2003, p. 208), fazendo referência ao especialista Jerry Laiserin.

Na análise sobre as *palavras-chave utilizadas pelos autores*, observou-se que o conjunto de palavras-chave utilizadas compreendem apenas uma parte de usos ou propósitos de BIM (CIC-PSU, 2011), o que poderia indicar pouca semelhança entre os significados atribuídos a BPM e BIM. No entanto, foi percebido que as palavras-chave usadas sugerem temáticas que refletem usos importantes relacionados a BIM, o que reforça a compreensão realizada a respeito do significado atribuído a *Building Product Model* por Eastman (1999a).

O levantamento sobre as *palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores* apresentou uma variedade maior de palavras relacionadas a processos (*implementation, change, scope, specification, requirement*) e usos (*estimator, performance, engineering, prototype*) para modelos do que o resultado obtido na investigação sobre palavras-chave, o que pode ser um indício da relevância estrutural destas temáticas no desenvolvimento de trabalhos orientados a *Building Product Model* e, por extensão, a BIM.

#### 4.2.8 Integrated Product Model (1989)

A *definição mais antiga* a respeito do termo *Integrated Product Model* (IPM) foi encontrada em Dessloch et al. (1989). Na referência *KRISYS: KBMS support for better CAD systems*, os autores apresentam sua proposta para o desenvolvimento de um sistema de gestão do conhecimento que pretende integrar conceitos de inteligência artificial e de bancos de dados para dar suporte à construção de sistemas de CAD avançados (DESSLOCH et al., 1989, p. 173). Um sistema CAD avançado seria a ferramenta que viabilizaria a criação do que os pesquisadores identificam como *Integrated Product Model*. Um modelo de produto integrado deve ser estruturado de modo a ser orientado a objeto, constituído por aspectos distintos, hierarquizados em

classes. Cada classe abrigaria um aspecto do objeto: geometria, funções, informações de fabricação etc. (DESSLOCH et al., 1989, p. 174). Foi observado, portanto, que esta definição possui associação com o significado atribuído a BIM de referência da categoria modelos, por NIBS (2007, p. 21).

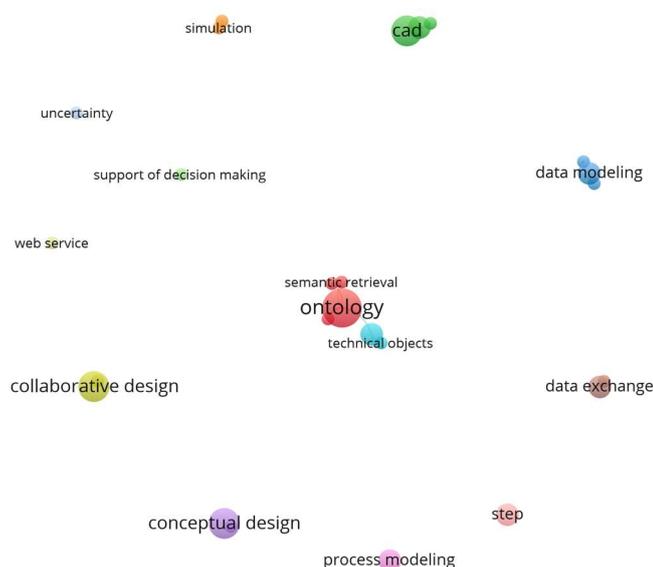
A *referência mais citada* que contém uma definição sobre *Integrated Product Model*, dentro da amostra pesquisada, é de Wölkl e Shea (2009). Para eles, um IPM deve ser estruturado para a) representar e conectar requisitos, funções, regulamentos e organogramas ao modelo digital b) suportar múltiplos níveis de abstração e detalhe, c) possibilitar a sua reutilização total ou parcial e d) permitir a criação de representações compreensíveis de si próprio, para facilitar o trabalho dos projetistas (WÖLKL; SHEA, 2009). O trabalho de Wölkl e Shea (2009), ao se referir estritamente aos requisitos computacionais necessários para estruturar um modelo digital de construção (ou modelo integrado de produto, ou para produção, no jargão da época), criaram um significado para *Integrated Product Model* que tem relação de semelhança com a definição BIM de referência para modelos, de NIBS (2007, p. 21).

A *referência mais co-citada* pelos autores que citam *Integrated Product Model*, entre as que compõem esta amostra, é *Knowledge management in engineering design: personalization and codification* (MCMAHON; LOWE; CULLEY, 2004). O trabalho apresenta uma discussão sobre como aplicar ferramentas de gestão do conhecimento em projetos de engenharia de manufatura. Em determinada parte do texto, os autores se referem a um ramo da gestão do conhecimento na área da Engenharia, conhecido como *Knowledge-based Engineering* (KBE), que combina técnicas de a) programação orientada a objetos, b) representação do conhecimento, c) sistemas baseados em regras e d) projeto geométrico auxiliado por computador (MCMAHON; LOWE; CULLEY, 2004, p. 318).

A Figura 41 apresenta a rede das *25 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Integrated Product Model*. A ferramenta VOSviewer identificou 13 *clusters*. Os *clusters* principais, localizados no meio da figura são o vermelho (*ontology* e *semantic retrieval*) e azul claro (*reuse*), e parecem ter relação com pesquisas sobre estruturas de bancos de dados para IPM. Quatro *clusters*, que

dão destaque às palavras-chave *data modeling*, *data exchange*, *step* e *web service*, indicam a existência de pesquisas orientadas à computação aplicada a IPM. Dois *clusters*, que trazem as palavras-chave *process modeling* e *support of decision making*, podem indicar pesquisas relacionadas a integração de processos a IPM. Os *clusters* que tem como palavras-chave principais *cad* (verde), *conceptual design* (roxo) e *collaborative design* (amarelo) podem fazer referência a trabalhos que tratam de projeto, modelagem e colaboração.

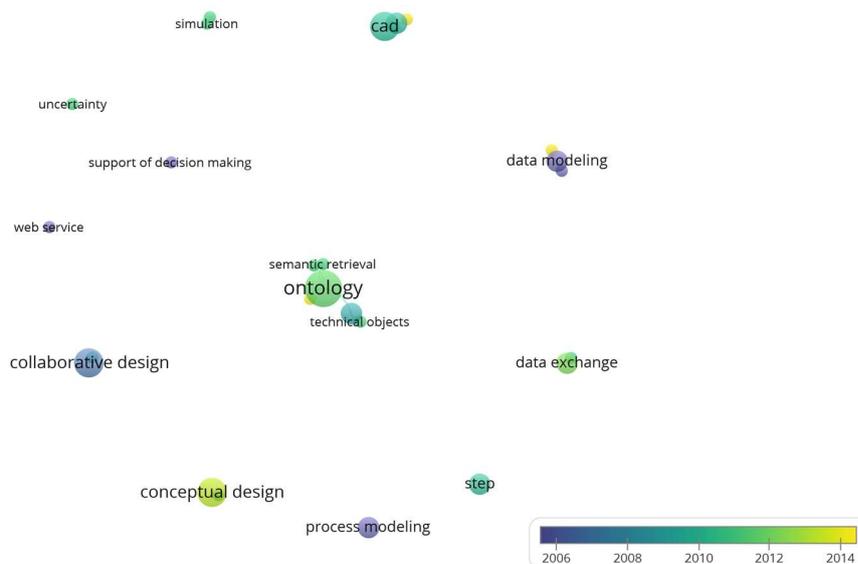
**Figura 41: Mapa das 25 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Integrated Product Model, por cluster**



**Fonte: O autor.**

A Figura 42 apresenta o mapa das 25 *palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Integrated Product Model, colorizadas de acordo com o ano de ocorrência predominante para cada palavra*. Para esta pesquisa, foram excluídos o termo e seus sinônimos. Observou-se que as palavras-chave com uso destacado entre 2006 e 2008 são *collaborative design*, *data modeling*, *process modeling*, *web service*, *virtual prototype* e *support of decision making*. Entre 2008 e 2010, destacam-se as palavras-chave *cad*, *reuse* e *step*. Entre 2010 e 2013 estão a maior parte das palavras-chave relevantes para esta parte da pesquisa: *ontology*, *data exchange*, *conceptual design*, *semantic retrieval*, *semantic web*, *simulation*, *uncertainty*, *technical objects* (texto não-visível), entre outras. A partir de 2014, as palavras *semantic reconcile*, *semantic web technology* e *service module* são identificadas como as mais relevantes no período.

**Figura 42: Mapa das 25 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Integrated Product Model, por ano**



**Fonte: O autor.**

A Figura 43 apresenta a rede das 50 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Integrated Product Model. A ferramenta VOSviewer identificou 5 clusters. O cluster amarelo apresenta a palavra *conceptual design* como principal, e destaca também *implementation*, *requirement*, *effect* e *function*. O cluster azul destaca *technology* como a palavra principal, e tem *cad*, *cam* e *capp* como relevantes. O grupo verde tem a palavra *environment* como a mais importante e apresenta, de forma destacada, as palavras *cad system*, *exchange*, *way*, *project management*, *standard* e *network*. O cluster vermelho, que tem *ontology* e *framework* como principais palavras, apresenta, com relevância, *master model*, *organization*, *addition*, *product information* e outras. O cluster roxo dá destaque às palavras *plm* e *human intent*; outras palavras têm boa relevância, mas o texto não está visível, como *definition*, *product lifecycle management* e *information content*. A disposição dos clusters na figura, em forma de arco, sugere que as temáticas abordadas pelos trabalhos representados por estes grupos de palavras se conectam, prioritariamente, com trabalhos de clusters vizinhos. Assim, seria mais provável encontrar um trabalho sobre *Integrated Product Model* que trate de PLM e ontologias do que uma pesquisa que aborde PLM e design conceitual.



Ao examinar as definições encontradas a partir das leituras das referências, percebeu-se que existe um alinhamento de significados entre a *definição mais antiga* atribuída ao termo *Integrated Product Model* (DESSLOCH et al., 1989) e a encontrada na *referência mais citada* (WÖLKL; SHEA, 2009). Foi observado que a definição de IPM desenvolvida pelos autores das duas referências apresentam semelhanças com as definições de Eastman (1999a) para *Building Product Model* e a definição BIM de referência para modelos, de NIBS (2007, p. 21).

A *referência mais co-citada*, *Knowledge management in engineering design: personalization and codification* (MCMAHON; LOWE; CULLEY, 2004), publicada no *Journal of Engineering Design*, não está relacionada, diretamente, ao termo *Integrated Product Model*, ou a BIM. Acredita-se que o trabalho foi bastante co-citado por apresentar pontos de vista relevantes com relação à gestão do conhecimento em processos de projeto para Engenharia, área de tem interface importante com a gestão de BIM.

No decorrer do texto, os autores fazem uso do termo *Knowledge-based Engineering* (KBE) para tratar de assuntos relacionados à Engenharia de Manufatura. Percebeu-se que a definição atribuída a KBE, pelos pesquisadores, guarda semelhança de significado com a definições para *Integrated Product Model* extraídas a partir de Dessloch et al. (1989) e Wölk e Shea (2009). A partir da leitura de McMahan, Lowe e Culley (2004), observou-se que *Knowledge-based Engineering* (KBE) representa uma área da Engenharia de Conhecimento (*Knowledge Engineering*) que, por sua vez, faz parte da área das ciências sociais identificada como Gestão de Conhecimento (*Knowledge Management*). Como esta relação foi identificada, uma rápida investigação foi realizada, e verificou-se que a conexão entre BIM e Gestão do Conhecimento tem sido objeto de algumas pesquisas (FAZIO; BEDARD; GOWRI, 1988; ALMARSHAD; MOTAWA, 2012; JAN; HO; TSERNG, 2013; DING et al., 2016). Não foi identificada, nesta investigação, nenhuma revisão crítica publicada especificamente sobre BIM e Gestão do Conhecimento, nos moldes das revisões avaliadas na seção 2.2.

Com relação ao *alcance do termo*, foi possível observar, na Tabela 5, que 13 países têm pelo menos uma citação para uma referência que inclui *Integrated Product Model*

em títulos, palavras-chave ou resumos. São 4 países os que tem mais de 20 citações para seu conjunto de referências, que é a maior quantidade de ocorrências registradas por país, para este termo. Ao se associar estas informações ao intervalo de tempo representado pelas referências pesquisadas para leitura (1989 a 2009), aos gráficos da seção 4.1 e às Tabelas 15 e 16, foi possível observar que termo *Integrated Product Model* tem maior ocorrência na transição entre a primeira e segunda década de 2000; houve uma diminuição em seu uso, o que pode ser um indício que os pesquisadores podem ter decidido utilizar BIM para fazer referência aos seus trabalhos.

Na análise sobre as *palavras-chave utilizadas pelos autores*, observou-se que as temáticas relacionadas a BIM parecem ocorrer de modo periférico entre a comunidade de pesquisadores que utiliza o termo *Integrated Product Model* em seus trabalhos. O núcleo da Figura 40 sugere que a temática dominante é relacionada projetos de estruturas de bancos de dados, que podem servir a trabalhos baseados em BIM ou a outros propósitos. A visualização das palavras-chave mais destacadas por ano sugere que o termo IPM tinha uma relação de significado mais próxima com *Building Information Modeling*, perto de 2006, e que o significado dominante atribuído ao termo pode estar em transição.

As ser realizada a avaliação sobre as *palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores*, foi observado que existe uma relação entre estas e as palavras-chave elaboradas pelos autores, e que os dois conjuntos de palavras indicam que as pesquisas que utilizam IPM estão relacionadas ao campo da Engenharia de Manufatura, e que esta transição se deu ao longo do tempo. Desta forma, foi possível considerar que, apesar do significado atribuído a *Design Data Model* por Wölk e Shea (2009) ser mais recente que o texto de McMahon, Lowe e Culley (2004), as palavras que emergem das análises realizadas pelo *VOSviewer* indicam que a comunidade de pesquisadores utiliza este termo com um significado alinhado à referência mais co-citada (MCMAHON; LOWE; CULLEY, 2004).

#### 4.2.9 Computer-Aided Building Design (1991)

A *definição mais antiga* sobre *Computer-Aided Building Design* (CABD) foi encontrada em Clarke e Mac Randal (1991). A pesquisa apresentada pelos autores em *An Intelligent Front-End for computer-aided building design* teve o propósito de desenvolver uma interface inteligente (*intelligent front-end*, ou IFe) para dar suporte a projetos de edificações auxiliados por computador (*computer-aided building design*), em geral. Entre os objetivos específicos, foram mencionados: a) desenvolver um ambiente computacional que pudesse se comportar como um consultor para auxiliar o projetista na fase de concepção, realizando análises e relatando indicadores de performance e b) dar suporte aos diferentes atores envolvidos em atividades relacionadas a *building performance modelling* (CLARKE; MAC RANDAL, 1991). Foi possível inferir que os pesquisadores compreendem que o termo *Computer-Aided Building Design* seria associado à atividade de projetar um edifício utilizando aplicativos que auxiliam na previsão e avaliação de desempenho dos resultados alcançados, com ênfase em eficiência energética e ambiental. Observou-se que o significado atribuído a CABD encontrado em Clarke e Mac Randal (1991) tem semelhança com a definição BIM de referência para sistemas de Autodesk (2002).

A *referência mais citada* que contém uma definição para o termo é de Per Galle (1995). Em *Towards integrated, "intelligent", and compliant computer modeling of buildings*, é apresentada uma revisão da literatura sobre o campo de pesquisa denominado pelo autor como *Computer Modeling of Buildings* (CMB). Galle argumenta que o termo *Computer-Aided Building Design*, embora seja o mais comum à época, não seria adotado em seu trabalho. O autor afirma que o uso da dupla termo/acrônimo que propõe seria mais conveniente, por ser uma versão abreviada de CABD e porque o uso de CABD poderia levar o leitor a acreditar que a pesquisa trata do tema *drafting* (GALLE, 1995, p. 190). Mais adiante, *CMB system* é definido como um sistema que oferece suporte ao projeto, construção e manutenção de edifícios, permitindo o desenvolvimento e a modificação gradual da representação, ou modelagem, destes. A representação do edifício deveria ser realizada para atender a propósitos, como visualização, avaliação de escolhas de projeto,

configuração de ambientes, checagem de projetos com relação a regras e normas, estimativas de custos, análise estrutural, planejamento da construção, entre outros (GALLE, 1995, p. 190). Foi observado que esta definição, assim como a definição de Galle (1995), também tem alinhamento com Autodesk (2002).

*A referência mais co-citada* pelos autores que citam *Computer-Aided Building Design* é *FIAPP and the Three-Dimensional Computer Model* (2000). A pesquisa relatada nesta referência pretendia propor e desenvolver um sistema, identificado pelo acrônimo FIAPP (*Fully Integrated and Automated Project Process*) para integrar outros sistemas relacionados à criação e gestão de um empreendimento (GRIFFIS; STURTS, 2000). No sistema FIAPP, seria possível optar por dar início ao desenvolvimento de um empreendimento a partir da modelagem 3D ou então pela entrada de dados em diagramas de fluxo de processos e de tubulação e instrumentação. A modelagem 3D forneceria informações para os sistemas de a) gestão do empreendimento, b) operações da obra, c) compras e d) gestão de materiais. Os pesquisadores utilizaram o acrônimo 4D CAD para se referirem ao conjunto dos quatro sistemas listados acima (GRIFFIS; STURTS, 2000). Foi constatado que a definição de Griffis e Sturts (2000) para o termo FIAPP une conceitos de sistemas (AUTODESK, 2002), modelos (NIBS, 2007, p.21) e processos (EASTMAN et al., 2008, p. 13) e, portanto, tem afinidade com as três categorias de definição BIM para esta pesquisa.

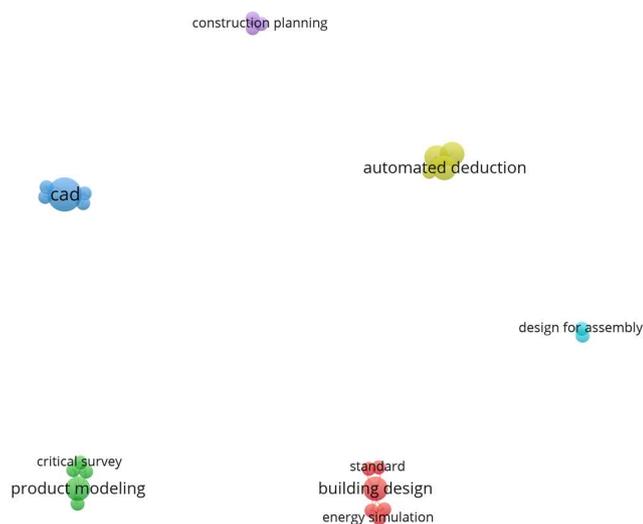
A Figura 45 apresenta um mapa com as *25 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Computer-Aided Building Design*. A ferramenta *VOSviewer* identificou 6 *clusters*. O *cluster* vermelho tem as palavras *building design, energy simulation, standard* e *sase*<sup>14</sup> (texto-não visível). Cada um dos outros *clusters* - verde, com *product modeling*; azul escuro, com *cad*; roxo, com *construction planning*; amarelo, com *automated deduction* e azul claro, com *design for*

---

<sup>14</sup> SASE é o acrônimo para *Standards Analysis, Synthesis and Expression*, metodologia e programa desenvolvido pelo governo dos Estados Unidos para auxiliar os profissionais do setor da construção civil a escreverem normas técnicas.

*assembly* - agrega palavras-chave que, em princípio, representam áreas temáticas bem definidas e diretamente ligadas a CABD, assim como a *Building Information Modeling*.

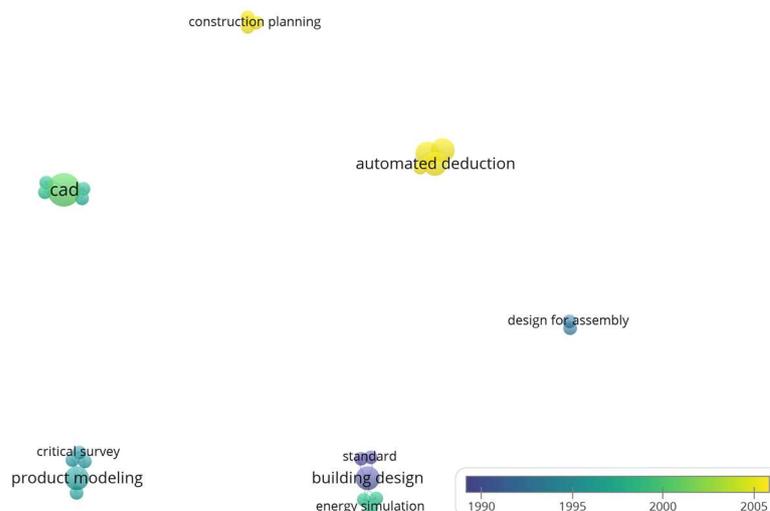
**Figura 45: Rede das 25 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Computer-Aided Building Design, por cluster**



**Fonte: O autor.**

A Figura 46 apresenta o mapa com as 25 palavras-chave utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Computer-Aided Building Design, colorizadas de acordo com o ano de ocorrência predominante para cada uma delas. Observou-se que as palavras-chave com uso destacado até 1990 são *building design*, *standard* e *sase*. Por volta de 1995, as palavras-chave relevantes estão nos clusters verde (*product modeling*) e azul claro (*design for assembly*). Perto do ano 2000, as palavras-chave do cluster azul escuro (*cad*) e algumas palavras do cluster vermelho, como *energy simulation*, são colocadas em destaque. No período final indicado pelo VOSviewer como relevante para esta investigação, em 2005, os clusters roxo (*construction planning*) e amarelo (*automated deduction*) indicam áreas temáticas para onde, provavelmente, foram orientados os trabalhos que contém o termo *Computer-Aided Building Design*.

**Figura 46: Rede com as 25 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Computer-Aided Building Design, por ano**

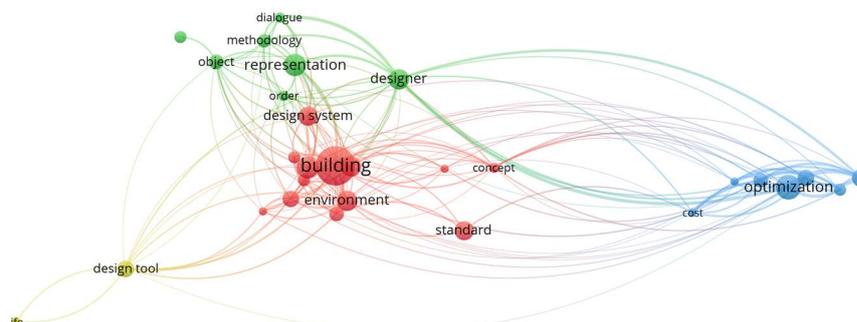


**Fonte: O autor.**

A Figura 47 apresenta a rede das **30 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Computer-Aided Building Design**. A ferramenta *VOSviewer* identificou 4 *clusters*. O *cluster* vermelho ocupa a posição principal na figura, articulando os demais. A palavra *building* é a principal para este grupo, que também apresenta outras palavras de destaque, como *design system*, *environment*, *standard*, *concept* e *building designer* (texto não-visível). À direita está o grupo azul, que tem a palavra *optmization* destacada; outras palavras importantes, neste *cluster*, são *cost*, *resource* (texto não-visível) e *planning* (texto não-visível). Há um pequeno *cluster* à esquerda com as palavras *design tool* e *ife*<sup>15</sup>. O *cluster* verde, acima, tem *representation* como palavra relevante, junto a outras que tem bom destaque: *designer*, *object*, *methodology*, *dialogue* e *order*.

<sup>15</sup> IFe é acrônimo para *Intelligent Front-end*, como em Clarke e Mac Randal (1991).

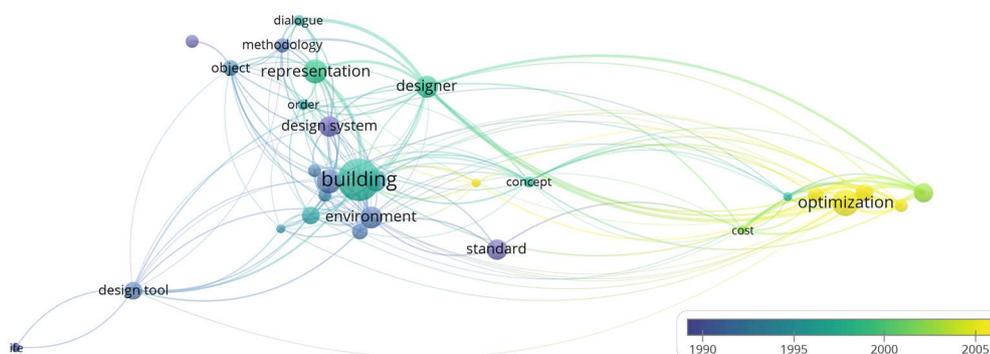
**Figura 47: Rede das 30 palavras mais empregadas pelos autores nos títulos e resumos das referências da amostra relacionada a Computer-Aided Building Design, por cluster**



**Fonte: O autor.**

A Figura 48 apresenta a rede com as 30 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Computer-Aided Building Design, colorizadas de acordo com o ano de ocorrência predominante para cada palavra. Até 1990, receberam destaque todas as palavras do cluster amarelo e algumas dos clusters verde e vermelho, como *standard*, *environment*, *design prototype*, *methodology*, *object* e *design system*. Foi observado que as palavras com relevância nesta época se concentram mais à esquerda, na figura. As palavras com destaque entre 1995 e 2000, *building*, *designer*, *concept* e *representation* estão próximas ao centro da figura e pertencem aos grupos verde e vermelho. A palavras relevantes por volta do ano 2000 são *cost* e *resource* e as palavras importantes a partir de 2005 são quase todas do cluster azul (*optimization*).

**Figura 48: Rede das 30 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Computer-Aided Building Design, por ano**



**Fonte: O autor.**

A seguir, é apresentada uma *análise sintética para o conjunto dos resultados relacionados ao termo Computer-Aided Building Design e seu acrônimo, CABD.*

Ao examinar as definições encontradas, percebeu-se que há semelhanças entre os significados atribuídos ao termo *Computer-Aided Building Design* pela *referência mais antiga* (CLARKE; MAC RANDAL, 1991) e a *mais citada* (GALLE, 1995). Foi observado que a definição de CABD desenvolvida pelos autores das duas referências apresentam semelhanças com definição de Autodesk (2002), referência para esta pesquisa na categoria sistemas.

A *referência mais co-citada*, *FIAPP and the Three-Dimensional Computer Model* (GRIFFIS; STURTS (2000)), apresenta um resumo de uma pesquisa realizada pelo *Construction Industry Institute*, vinculado à *The University of Texas at Austin*, nos Estados Unidos, onde há uma proposição de um acrônimo (FIAPP) que recebe uma atribuição de significado muito semelhante ao atribuído à definição de referência para processos (EASTMAN et al., 2008, p. 13) e ao significado atribuído a *Virtual Design and Construction* (KAM; FISCHER, 2004), que iria emergir, no contexto desta pesquisa, quatro anos depois da publicação desta referência.

Observou-se, portanto, que o termo *Computer-Aided Building Design* parece ter sido associado à temáticas ligadas à concepção e coordenação entre as disciplinas que fazem parte do projeto, conforme Clarke e Mac Randal (1991) e Galle (1995). O trabalho do grupo de pesquisas liderado por Griffis e Sturts (2000), sendo o mais co-citado por pesquisadores que utilizam CABD em suas pesquisas, parece corroborar esta percepção. O acrônimo e significado proposto por eles, FIAPP, está alinhado ao significado de referência para processos e antecipa o surgimento de uma corrente de pesquisas identificada pelo termo *Virtual Design and Construction*.

Com relação ao *alcance do termo*, foi possível observar, na Tabela 5, que 11 países têm ao menos uma citação para uma referência que inclui *Computer-Aided Building Design* em títulos, palavras-chave ou resumos. São 3 os países que têm mais de 20 citações para seu conjunto de referências e somente um país (USA) tem mais de 40 citações para todas as suas referências. Ao se associar estas informações ao intervalo de tempo representado pelas referências pesquisadas para leitura (1989 a 2009), aos gráficos da seção 4.1 e às Tabelas 15 e 16, foi possível observar que termo *Computer-Aided Building Design* é mais utilizado no período de pesquisa compreendido entre

1989 e 1994. Entre 2013 e 2018 não foi encontrada nenhuma publicação que tenha utilizado CABD, o que pode ser um indício de o termo esteja em desuso. Os pesquisadores, portanto, teriam decidido utilizar, em seu lugar, BIM, ou VDC, uma vez que foi observada a similaridade entre o termo da referência mais co-citada (GRIFFIS; STURTS; 2000, KAM; FISCHER; 2004).

Na análise sobre as *palavras-chave utilizadas pelos autores*, observou-se que as temáticas representadas na Figura 45 parecem descrever pesquisas que abordam a interface entre o projeto e o planejamento da construção, com ênfase em desempenho ambiental e projeto para montagem. Na avaliação sobre as *palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores*, foi observada a ênfase no edifício, seus sistemas e representações, o ambiente e a otimização, aparecendo uma relação com custo. Ao analisar a relação entre os dois conjuntos de palavras, observou-se que há um alinhamento entre os conteúdos latentes e palavras-chave utilizadas pelos autores; as palavras dos dois conjuntos representam áreas do conhecimento que fazem parte dos temas relacionados a BIM, no contexto dos termos de referência para as categorias de sistemas, modelos e processos.

#### 4.2.10 Integrated Design Model (1992)

A *definição mais antiga* sobre o termo *Integrated Design Model* (IDM) foi encontrada em *On modeling integrated design environments* (HUEBEL; RULAND; SIEPMANN, 1992). Nesta referência, os autores defendem que um modelo de projeto adequado, não-redundante e bem estruturado e integrado (*integrated design model*) deve ser composto por cinco modelos parciais: *design flow model*, *design tool model*, *design structure model*, *design object model* e *design subject model* (HUEBEL; RULAND; SIEPMANN, 1992, p. 453). Foi observado que o significado atribuído a IDM pelos autores guarda relação de semelhança com a definição de Autodesk (2002), relacionada à categoria sistemas.

A *referência mais citada* que contém o termo é de Braukhane e Quantius (2011). Em *Interactions in Space Systems Design within a Concurrent Engineering Facility*, os autores descrevem o processo adotado pela Agência Espacial Europeia, chamado *Integrated*

*Design Model*, que consiste em um conjunto de arquivos de Excel, padronizados, que recebem dados de diferentes ferramentas de projeto, entre outros sistemas, com objetivo de permitir a colaboração transcontinental evitando redundância nas informações (BRAUKHANE; QUANTIUS, 2011). A partir da definição extraída da leitura do trabalho de Braukhane e Quantius (2011), observou-se que existe semelhança com o significado BIM de referência da categoria sistemas, por Autodesk (2002). Não existiram dados em quantidade suficiente para a produção de amostra para a busca da referência *mais co-citada*.

A seguir, é apresentada uma *análise sintética para o conjunto dos resultados relacionados ao termo Integrated Design Model e seu acrônimo, IDM*. Ao examinar as definições encontradas, percebeu-se que há semelhanças entre os significados atribuídos ao termo *Integrated Design Model* pela *referência mais antiga* (HUEBEL; RULAND; SIEPMANN, 1992) e a *mais citada* (BRAUKHANE; QUANTIUS, 2011). Foi observado que a definição de IDM desenvolvida por estes pesquisadores apresentam semelhanças com a definição de Eastman et al. (2008, p. 13), referência para a categoria processos. Nos dois casos, a definição para IDM sugere uma associação do termo ao ato de produzir modelos de projeto a partir da integração de outros, que representam as partes.

Com relação ao *alcance do termo*, foi possível observar, na Tabela 5, que 16 países têm ao menos uma citação para uma referência que inclui *Integrated Design Model* em títulos, palavras-chave ou resumos, e 2 países tem mais de 160 citações para seu conjunto de referências. Ao associar estas informações ao intervalo de tempo representado pelas referências pesquisadas para leitura (1992 a 2011), aos gráficos da seção 4.1 e às Tabelas 15 e 16, foi possível observar que termo *Integrated Design Model*, desde que surgiu, não apresenta sinais de declínio de uso, com relação ao número absoluto de publicações por intervalo de tempo. Proporcionalmente à soma das publicações relacionadas a todos termos investigados, observou-se uma redução da participação do uso de *Integrated Design Model*; isto não implica, dizer, necessariamente, que o termo esteja em desuso. Acredita-se o termo esteja sendo utilizado por pesquisadores que atuam em linhas temáticas onde o uso de *Integrated*

*Design Model* se faz necessário. Estas temáticas, ao que tudo indica, têm relação com *Building Information Modeling*.

Com relação à análise sobre as *palavras-chave utilizadas pelos autores*, observou-se que o conjunto de palavras-chave utilizadas compreendem apenas uma parte de usos ou propósitos de BIM (CIC-PSU, 2011), o que poderia indicar pouca semelhança entre os significados atribuídos a *Integrated Design Model* e BIM. No entanto, foi percebido que as palavras-chave usadas sugerem temáticas que refletem usos específicos relacionados a BIM, como *model, simulation, collaborative design, integration, concurrent design facility* e *concurrent engineering*, o que reforça a compreensão realizada a respeito de que o significado atribuído a IPM está relacionado à categoria sistemas (AUTODESK, 2002), por Huebel, Ruland e Siepmann (1992) e Braukane e Quantius (2011).

No levantamento sobre as *palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores*, foi observada a presença predominante de palavras relacionadas a processos (*design method, methodology, guidance, function*). Estas palavras estão em concordância com o resultado obtido na investigação sobre palavras-chave, o que pode ser um indício da relevância estrutural destas temáticas no desenvolvimento de trabalhos orientados a *Integrated Design Model*. Desta forma, poderia ser adequado considerar que o termo *Integrated Design Model* tem um alinhamento explícito, a partir de Huebel, Ruland e Siepmann (1992) e Braukane e Quantius (2011), com o significado atribuído a *Building Information Model* por Autodesk (2002), porém a investigação a respeito dos conjuntos de palavras indicam que as pesquisas que utilizam *Integrated Design Model* parecem estar aplicadas à definição de referência para processos, por Eastman (2008, p.13) e Succar (2009).

#### 4.2.11 Automated Building Design (1994)

A *definição mais antiga* sobre o termo *Automated Building Design* (ABD) foi encontrada em Schwarz, Berry e Shaviv (1994). Na referência *On the use of the automated building design system*, os pesquisadores apresentam um sistema, denominado *Automatic Building Design*, desenvolvido com o propósito de a) permitir

ao arquiteto definir metas e restrições do projeto do mundo real, por critérios objetivos e subjetivos; b) apresentar, como resultado, plantas detalhadas que possam ser avaliadas pelos projetistas e por outras aplicações, que podem realizar simulações de energia, acústica, custos e muito mais; c) fornecer ao projetista assistência para definir seus objetivos e sugerir opções alternativas e sua realização (SCHWARZ; BERRY; SHAVIV, 1994, p. 747). Portanto, percebeu-se que a definição para ABD criada pelos autores deste trabalho está alinhada com a definição BIM de referência de Autodesk (2002) para a categoria sistemas.

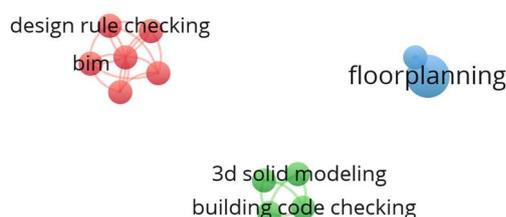
A *referência mais citada* que contém significado que pode ser atribuído a *Automated Building Design* é *Development of space database for automated building design review systems*, de LEE, J.-K. et al. (2012). O propósito da pesquisa apresentada pelos autores, no artigo, é desenvolver um *Automated Building Design*, sistema automatizado para a revisão de projetos de edifícios. Os autores afirmam que este tipo de sistema só pode ser desenvolvido por causa da grande aceitação do uso de tecnologias BIM. Como prova de conceito, os pesquisadores apresentam um estudo a partir da automatização da análise de informações de projeto apropriadas em objetos *ifcSpace*. (LEE, J.-K. et al., 2012). Desta forma, observou-se que o significado atribuído a *Automated Building Design*, por LEE, J.-K. et al. (2012), guarda semelhança com a definição BIM de referência para sistemas de Autodesk (2002), assim como Schwarz, Berry e Shaviv (1994).

A *referência mais co-citada* pelos autores que citam *Automated Building Design* nos artigos que compõem a amostra para este termo é *A Theory of Architectural Design in which the Role of the Computer is Identified*, de Maver (1970). A pesquisa, conduzida no final da década de 1960, apresentava, a partir das soluções computacionais de mais alto nível disponíveis à época, discussões e teorizações sobre como deveria ser a “relação entre o computador e a atividade projetual, e a partir de então deverá ser traçado um plano para o desenvolvimento de um sistema de projeto arquitetônico auxiliado por computador” (MAVER, 1970, p. 199, tradução nossa). Maver propõe que este sistema seria composto por quatro subsistemas, chamados de *building*, *environment*, *activity* e *objective*. Os sistemas *building* e *environment* seriam mensurados

pelo seu custo, pois se referem ao trato das informações de projeto e construção, portanto, tangíveis, e o desempenho dos sistemas *activity* e *objective* seria medido de modo subjetivo, pois agregam atividades relacionadas a processos e outros requisitos intangíveis. Este modelo teórico proposto por Maver (1970) é fortemente influenciado por outro modelo, proposto por Markus (1967), denominado *Building Performance Research Unit*. Maver continua a apresentação de sua pesquisa fazendo diversas considerações a respeito do uso de computadores no desenvolvimento de projetos de arquitetura, incluindo processos de automação de soluções de projeto para a apreciação das equipes. Desta forma, foi observado que a percepção de Maver (1970) a respeito do que seria um *Automated Building Design System*, tem relação com a definição BIM de referência para sistemas, de Autodesk (2002).

A Figura 49 apresenta o mapa com as **12 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Automated Design Model**. A ferramenta *VOSviewer* identificou 3 *clusters*. O *cluster* azul apresenta a palavra-chave *floorplanning*, que é a de mais destaque para este e todos os outros. Os *clusters* verde e vermelho reúnem palavras-chave muito parecidas, que sugerem temas como checagem de regras e modelagem 3D. Entre as diferenças, estão as palavras-chave *bim* e *ifc*, no *cluster* vermelho, e *cad*, no grupo verde.

**Figura 49: Mapa com as 12 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Automated Building Design, por cluster**



**Fonte: O autor.**

A Figura 50 apresenta a rede com as **12 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Automated Design Model, colorizadas de acordo com o ano de ocorrência predominante para cada palavra**. As palavras do *cluster* azul, ligadas ao planejamento de plantas (*floorplan* e *interactive design*) tem destaque até 1990. Em meados de 2005, o destaque é para o *cluster* verde, que agrega

palavras como *cad*, *building code checking* e *3d solid modeling*. A partir de 2010, as palavras *bim* e *design rule checking*, entre outras, do *cluster* vermelho, se tornam relevantes.

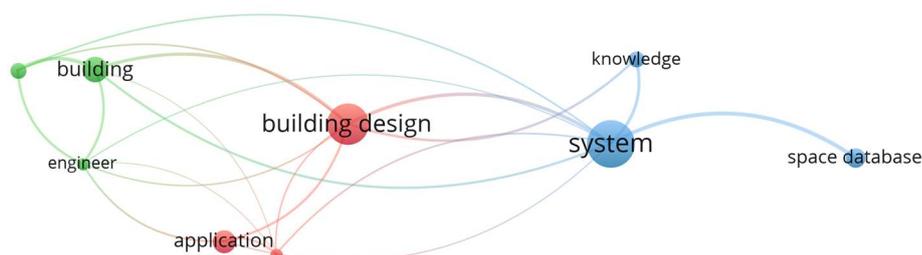
**Figura 50: Mapa com as 12 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Automated Building Design, por ano**



**Fonte: O autor.**

A Figura 51 apresenta o mapa com as 9 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Automated Building Design. A ferramenta VOSviewer identificou 3 clusters. O cluster vermelho apresenta a palavra-chave *building design*, que é a de mais destaque para este cluster e que faz a articulação entre os demais. O cluster azul tem *system* como palavra-chave destacada e o grupo verde, *building*. A amostra obtida não apresentou quantidade suficiente de palavras-chave para que fosse possível realizar interpretações a respeito dos trabalhos que poderiam ser representados pelos clusters.

**Figura 51: Mapa com as 9 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Automated Building Design, por cluster**

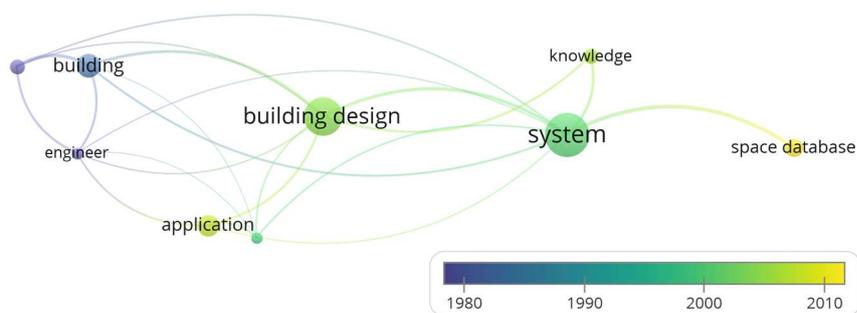


**Fonte: O autor.**

A Figura 52 apresenta a rede com as 9 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Automated Building Design, colorizadas de acordo com o ano de ocorrência predominante para cada palavra. Nos anos 1980, as palavras *building*, *engineer* e *determine* eram as mais

destacadas. Perto do ano 2000, tornam-se relevantes as palavras *building design*, *system*, *knowledge* e *architect* (texto não visível). Próximo ao fim do período analisado pelo *VOSviewer*, em 2010, *space database* e *application* estão em evidência.

**Figura 52: Mapa com as 9 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Automated Building Design, por ano**



**Fonte: O autor.**

A seguir, é apresentada uma *análise sintética para o conjunto dos resultados relacionados ao termo Automated Building Design e seu acrônimo, ABD*. Ao examinar as definições encontradas, percebeu-se que existem diferenças entre os significados atribuídos ao termo *Automated Building Design* pela *referência mais antiga* (SCHWARZ; BERRY; SHAVIV, 1994) e a *mais citada* (LEE, J.-K. et al., 2012). Observou-se que a definição de Schwarz, Berry e Shaviv (1994) para a *Automated Building Design*, tem o seu significado associado à definição de *Building Information Modeling* de referência para processos (EASTMAN, 2008 p. 13), enquanto Lee et al. (2012) atribuem a ABD um significado relacionado à revisão automatizada de modelos. Observou-se que a revisão de modelos pode ser entendida, de acordo com CIC-PSU (CIC-PSU, 2011) e outros autores, como um uso, ou propósito, de BIM. Desta forma, seria possível afirmar que Lee et al. (2012) teriam proposto uma mudança para o entendimento sobre o significado de *Automated Building Design* de forma diferente das alterações em duas definições registradas nesta pesquisa. Os termos *Computer-Aided Architectural Design* e *Design Data Model*, ao longo do tempo, deixaram de ser associados, predominantemente, a atividades relacionadas a BIM e passaram a dar significado a outras áreas do conhecimento. Com relação a *Automated Building Design*, verificou-se o termo passou a ser utilizado para dar significado a um

segmento de *Building Information Modeling*. Este tipo de resultado, ou seja, encontrar um termo que deixa de ser associado a um corpo de conhecimento e passa a ser associado a uma categoria deste mesmo conjunto, poderia ser considerado um *achado não previsto* entre os objetivos específicos de pesquisa. Observou-se, também, que modelo teórico proposto por Maver (1970), a *referência mais co-citada*, tem relação de semelhança com as duas variações de significado identificadas para *Automated Building Design*.

Com relação ao *alcance do termo*, foi possível observar, na Tabela 5, que 4 países têm ao menos uma citação para uma referência que inclui *Automated Building Design* em títulos, palavras-chave ou resumos, e 3 países chegam a mais de 40 citações para seu conjunto de referências. Foi observado que a produção relevante se concentrou em poucos países e não chegou a ser muito citada. Ao se associar estas informações ao intervalo de tempo representado pelas referências pesquisadas para leitura, aos gráficos da seção 4.1 e às Tabelas 15 e 16, foi possível observar que termo *Automated Building Design* não chegou a ser utilizado por um número relevante de pesquisas, nove no total, entre 1965 e 2018.

Na análise sobre as *palavras-chave utilizadas pelos autores*, percebeu-se que o conjunto de palavras extraídas pelo *VOSviewer* representam os significados atribuídos ao termo, tanto o *mais antigo* (SCHWARZ; BERRY; SHAVIV, 1994), quanto o *mais citado* (LEE, J.-K. et al., 2012), mesmo que sejam diferentes entre si. Desta forma, todas as palavras-chave estariam alinhadas com os conceitos apresentados por Maver (1970), a referência mais co-citada para *Automated Building Design*.

No levantamento sobre as *palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores*, foi observado que estão em concordância com o resultado obtido na investigação sobre palavras-chave. Ao observar a Figura 51, percebeu-se que as palavras de destaque mais recente, *application* e *space database*, podem ser relacionadas ao significado atribuído a ABD por LEE, J.-K. et al. (2012), o que reforça a percepção a respeito de como se deu a evolução do significado atribuído a *Automated Building Design* no intervalo de tempo estudado nesta pesquisa.

#### 4.2.12 Parametric Building Model (2001)

A *definição mais antiga* encontrada sobre o termo *Parametric Building Model*, nesta pesquisa, foi encontrado em Haithcoat, Song e Hipple (2001). A referência *Building Footprint Extraction and 3-D Reconstruction from LIDAR Data* apresenta resultados de uma pesquisa realizada no final da década de 1990, que propõe uma abordagem para a construção automatizada de volumes que representam edifícios (*building footprints*) a partir da interpretação de dados LiDAR<sup>16</sup>. Para os pesquisadores, *Parametric Building Models* são modelos de referência utilizados para a tarefa de construção em massa de volumes de edifícios. Os autores argumentam que o uso de modelos simples para este trabalho produz resultados muito limitados; os modelos paramétricos, afirmam, são mais complexos e podem descrever a maior parte dos edifícios, tendo como base o uso de primitivas simples e, para edifícios mais elaborados, objetos como poliedros ou com formatos variados podem ser utilizados (HAITHCOAT; SONG; HIPPLE, 2001, p. 76). Percebeu-se que este significado, por sua associação a técnicas de interpretação de imagens aéreas para a geração automatizada de volumes que representam edifícios e outras estruturas, apresenta alinhamento com a categoria sistemas, representada pela definição BIM referência para a categoria sistemas, de Autodesk (2002).

A *referência mais citada* que contém um significado atribuído ao termo *Parametric Building Model* é *Parametric 3D modeling in building construction with examples from precast concrete* (SACKS; EASTMAN; LEE, 2004). Trata-se de um relato parcial de uma investigação a respeito do tema, conduzida pelos pesquisadores para o *North American Precast Concrete Software Consortium* (PCSC). O trabalho tinha o propósito de criar especificações para uma nova plataforma de CAD 3D paramétrica. Neste contexto, os autores propõem que um *Parametric Building Model* ofereça a) suporte a parametrização de restrições dimensionais entre as partes do edifício, b) ferramentas para a detecção de erros de projeto (geométricos ou baseados em regras programáveis), c) ferramentas para a automação de alternativas de projeto, d)

---

<sup>16</sup> LiDAR é o acrônimo para *Light Detection And Ranging* (FERREIRA; LAROCCA; CINTRA, 2015).

automatização do processo de representação de aspectos do modelo para não sobrecarregar a estrutura computacional e d) suporte à criação e gestão de objetos paramétricos, chamados, no texto, de *piece-marks* (SACKS; EASTMAN; LEE, 2004, p. 291 a 304). Ao analisar o trabalho de Sacks, Eastman e Lee (2004), foi percebido que o significado atribuído a *Parametric Building Model* tem relação com as definições de BIM para sistemas (AUTODESK, 2002) e modelos (NIBS, 2007, p. 21).

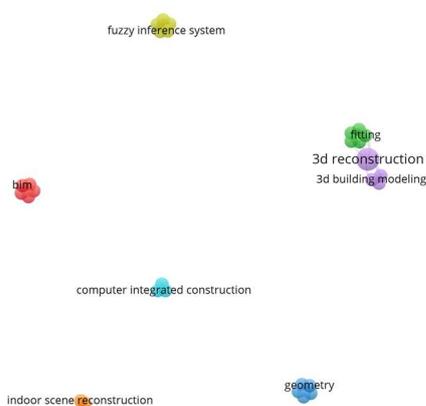
A *referência mais co-citada* pelos autores que citam *Parametric Building Model* nos artigos que compõem a amostra desta pesquisa é o livro *Building Product Models* (EASTMAN, 1999b). No livro, o autor não chega a utilizar o termo *Parametric Building Model* e não aborda o tema de forma explícita, mas a temática da modelagem paramétrica é abordada com muita intensidade nos capítulos que tratam de padrões de interoperabilidade e trocas de dados. De acordo com Eastman, à época, a aplicação principal da modelagem paramétrica era auxiliar na criação e edição de geometrias.

“Em modeladores comuns, parâmetros de entrada definem faces que conformam sólidos: operações adicionais, como união, intersecção e subtração de sólidos, podem ser aplicados aos objetos, mas não há histórico retido de tais operações, quando utilizadas para produzir uma nova forma. Em um sistema de modelagem paramétrica, uma forma é definida por um conjunto sistematizado de operações, e cada uma delas é estruturada por parâmetros e, ao realizar qualquer operação de edição de sólidos, o modelador retém os parâmetros construtivos geométricos das operações anteriores.” (EASTMAN, 1999b, tradução nossa).

A Figura 53 apresenta o mapa com as **29 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a *Parametric Building Model***. Para esta investigação, foram excluídos o termo de referência e seus sinônimos. A ferramenta *VOSviewer* identificou 7 *clusters*, e não houve quantidade de dados suficientes para que uma rede completa fosse formada. Existe, no entanto, uma rede formada pelos *clusters* verde (*fitting*) e roxo (*3d reconstruction*), que parecem representar trabalhos das áreas relacionadas à interface entre modelagem 3D, BIM, GIS e escaneamento a laser. Estas temáticas parecem estar representadas, também, pelos *clusters* amarelo (*fuzzy inference system*) e laranja (*indoor scene reconstruction*). Os grupos azul claro (*computer integrated construction*) e vermelho (*bim*) provavelmente agregam as palavras-chave que representam trabalhos relacionados a BIM de

maneira geral, onde o *cluster* azul escuro (*geometry*) parece representar pesquisas relacionadas à modelagem paramétrica geométrica.

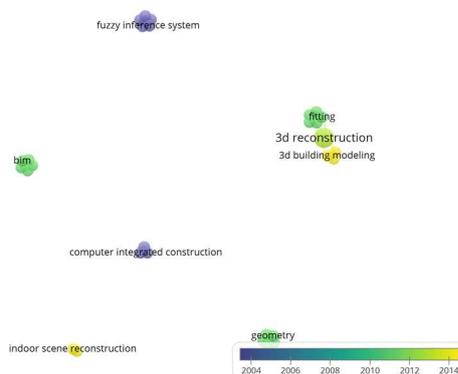
**Figura 53: Mapa das 29 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Parametric Building Model, por cluster**



**Fonte: O autor.**

A Figura 54 apresenta o mapa com as 29 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Parametric Building Model, colorizadas de acordo com o ano de ocorrência predominante para cada palavra. Até 2004, receberam destaque as palavras dos clusters amarelo (*fuzzy inference system*) e azul claro (*computer integrated construction*). Por volta de 2010, os grupos vermelho (*bim*), azul escuro (*geometry*) e verde (*fitting*) tem as suas palavras-chave destacadas como relevantes. Em 2012, ganha importância o um trecho do cluster roxo, com 3d reconstruction. A partir de 2014, outra parte do cluster roxo (*3d building modeling*) e o cluster laranja (*indoor scene reconstruction*) reúnem as palavras-chave de destaque.

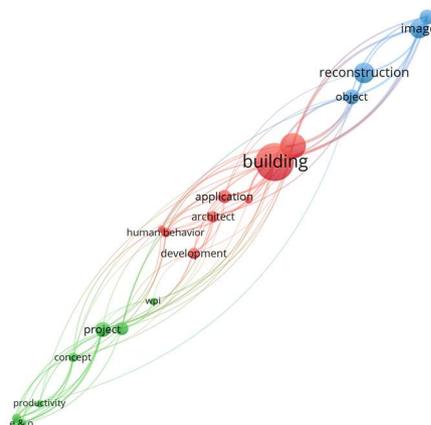
**Figura 54: Mapa com as 29 palavras-chave mais utilizadas pelos autores, para Parametric Building Model, por ano**



**Fonte: O autor.**

A Figura 55 apresenta a rede com as 20 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Parametric Building Model. A ferramenta VOSviewer identificou 3 clusters. O cluster vermelho é o mais importante, com a palavra *building*, no centro da figura, articulando as demais. Este grupo parece reunir palavras que representam trabalhos relacionados ao uso de modelos de edifícios paramétricos para uso geral. O cluster azul tem a palavra *reconstruction* em destaque, e parece fazer referência ao uso de PBM associado à construção automatizada de volumes que representam edifícios. O grupo verde, liderado pela palavra *concept*, parece referenciar trabalhos relacionados ao uso de PBM e gestão de empreendimentos e produtividade.

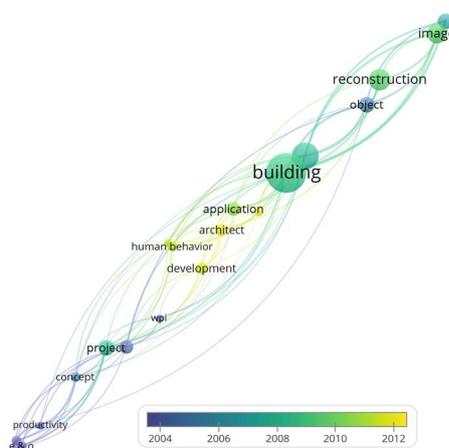
**Figura 55: Rede das 20 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Parametric Building Model, por cluster**



**Fonte: O autor.**

A Figura 56 apresenta a rede com as 20 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Parametric Building Model, colorizadas de acordo com o ano de ocorrência predominante para cada palavra. Para esta pesquisa, foram excluídos o termo e seus sinônimos. As palavras que têm destaque até 2004 estão ligadas, majoritariamente, ao cluster verde, à exceção da palavra *project*, que tem relevância no período entre 2008 e 2010, assim como *building*, *data*, *reconstruction* e *image*. Depois de 2010, a maior parte das palavras do cluster vermelho está em evidência: *application*, *architect*, *development* e *human behavior*.

**Figura 56: Rede das 20 palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores nas referências da amostra relacionada a Parametric Building Model, por ano**



**Fonte: O autor.**

Ao examinar as definições encontradas, percebeu-se que quase não existem semelhanças entre os significados atribuídos ao termo *Parametric Building Model* pela

*referência mais antiga* (HAITHCOAT; SONG; HIPPLE, 2001) e a *mais citada* (SACKS; EASTMAN; LEE, 2004). A definição mais antiga sobre PBM, de Haithcoat, Song e Hipple (2001), está associada à técnicas de interpretação de imagens aéreas para a geração automatizada de volumes que representam edifícios e outras estruturas, urbanas ou da paisagem. Neste caso, percebeu-se que existe semelhança de significado com a definição de referência para sistemas, de Autodesk (2002). A *referência mais citada* (SACKS; EASTMAN; LEE, 2004) apresentou um significado com grande afinidade com as definições de referência para sistemas, de Autodesk (2002) e modelos, de NIBS (2007) e com a abordagem sobre o tema proposto por Eastman (1999b), a *referência mais co-citada* para PBM.

Apesar das duas definições (HAITHCOAT; SONG; HIPPLE, 2001) e (SACKS; EASTMAN; LEE, 2004) terem relação com a categoria sistemas (AUTODESK, 2002), foi constatado que a orientação dada a cada uma, dentro deste contexto, é diferente, o que valida a consideração a respeito da não-semelhança entre as definições.

Desta forma, foi possível perceber que, entre os termos analisados, esta foi a única ocorrência em que a definição atribuída ao termo, em sua referência mais antiga, apresentou um significado mais afastado em relação a BIM do que a definição encontrada na referência mais citada. Neste caso, portanto, observou-se que o significado dominante atribuído ao termo *Parametric Building Model* se aproximou de *Building Information Modeling*, ao contrário dos outros termos onde foram identificadas alterações na percepção do significado atribuído.

Com relação ao *alcance do termo*, foi possível observar, na Tabela 5, que 4 países têm ao menos uma citação para uma referência que inclui *Parametric Building Modeling* em títulos, palavras-chave ou resumos, e 3 países tem mais de 80 citações para seu conjunto de referências. Existe um país, os Estados Unidos, com mais 160 citações para todas as referências. Ao se associar estas informações ao intervalo de tempo representado pelas referências pesquisadas para leitura (2001 a 2008), aos gráficos da seção 4.1 e às Tabelas 15 e 16, foi possível observar que termo *Parametric Building Modeling*, desde que surgiu, atraiu a atenção de um grupo pequeno de pesquisadores e não atingiu um alcance maior. A similaridade do significado atribuído ao termo

com a definição de referência para *Building Information Modeling* (EASTMAN et al. 2008, p. 13), e a maior oportunidade que pesquisadores tem de ter seus trabalhos encontrados em bases de dados utilizando *Building Information Modeling* como palavra-chave pode ter desestimulado o uso de *Parametric Building Modeling*.

Ao realizar a análise sobre as *palavras-chave utilizadas pelos autores*, observou-se que o conjunto de palavras-chave utilizadas parece confirmar as considerações apresentadas sobre a evolução do significado dominante atribuído ao termo *Parametric Building Modeling*. Existem *clusters* que indicam pesquisas relacionadas a escaneamento com laser, automatização de modelagem, GIS e BIM, e outros que apontam pesquisas em BIM de modo amplo. Na Figura 53, foi possível confirmar a percepção da mudança de significado atribuído, por meio dos anos em que as palavras-chave se destacam. As palavras-chave relacionadas a reconstrução automatizada, escaneamento a laser tem destaque no início do período identificado pelo *VOSviewer* (2004) e as palavras-chave relacionadas a BIM, a partir de 2010. Em 2014 há o destaque da palavra-chave *indoor scene reconstruction*, que parece indicar pesquisas que podem sugerir uma futura transição de significado para *Parametric Building Modeling*, misturando os dois conceitos identificados por esta pesquisa.

No levantamento sobre as *palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores*, percebeu-se que estão em concordância com o resultado obtido na investigação sobre palavras-chave. Desta forma, foi possível manter as compreensões apresentadas para a evolução do significado atribuído a *Parametric Building Modeling* e sua relação com *Building Information Modeling*.

#### 4.2.13 Virtual Design and Construction (2004)

A *definição mais antiga* a respeito do termo *Virtual Design and Construction* (VDC), para esta pesquisa, foi encontrada na referência *Capitalizing on early project decision-making opportunities to improve facility design, construction, and life-cycle performance – POP, PM4D, and decision dashboard approaches* (KAM; FISCHER, 2004). Os autores utilizam *Virtual Design and Construction* como termo para dar identidade a um conjunto de abordagens relacionadas à aplicação de tecnologia da computação em

projetos e obras, quando utilizadas de modo integrado. As abordagens propostas pelos pesquisadores tinham seus próprios termos, acrônimos e definições: a) *Product, Organization, and Process (POP)*, a abordagem relacionada aos processos e diretrizes que instruem a modelagem da construção virtual; b) o *iRoom*, sala com computadores e monitores grandes para a visualização interativa dos modelos e c) *Product Model and the 4th Dimensional (PM4D)*, que é o processo de integração da modelagem 3D, coordenada pelo processo POP, ao projeto de sequenciamento de obra, (KAM; FISCHER, 2004, p. 56). Foi possível constatar, portanto, que a definição de Kam e Fischer (2004) para *Virtual Design and Construction* possui semelhanças com as definições BIM de referência para modelos, de NIBS (2007, p. 21), e Eastman et al. (2008, p. 13), representante da categoria processos.

A *referência mais citada* que contém uma definição sobre *Virtual Design and Construction*, dentro da amostra pesquisada, é de (KHANZODE; FISCHER; REED, 2008). Em *Benefits and lessons learned of implementing building virtual design and construction*, é possível compreender que os autores atribuem o mesmo significado a *Virtual Design and Construction* e a *Building Information Model*. Os pesquisadores acreditam que ambos os termos se referem ao uso de modelos paramétricos CAD para a análise de variados problemas em projetos e construções, como é possível observar na citação:

*“Although the term Building Information Model (BIM) was coined a long time ago and Virtual Design and Construction (VDC) has been used in the recent past it is fair to say that both these terms have come to indicate the use of parametric CAD models for analysis of various design, and construction problems. Some of the BIM / VDC tools such as 3D / 4D CAD have been used in practice quite a bit and there has been a lot of research on benefits of using 3D/4D tools in commercial construction”* (KHANZODE; FISCHER; REED, 2008, p. 325).

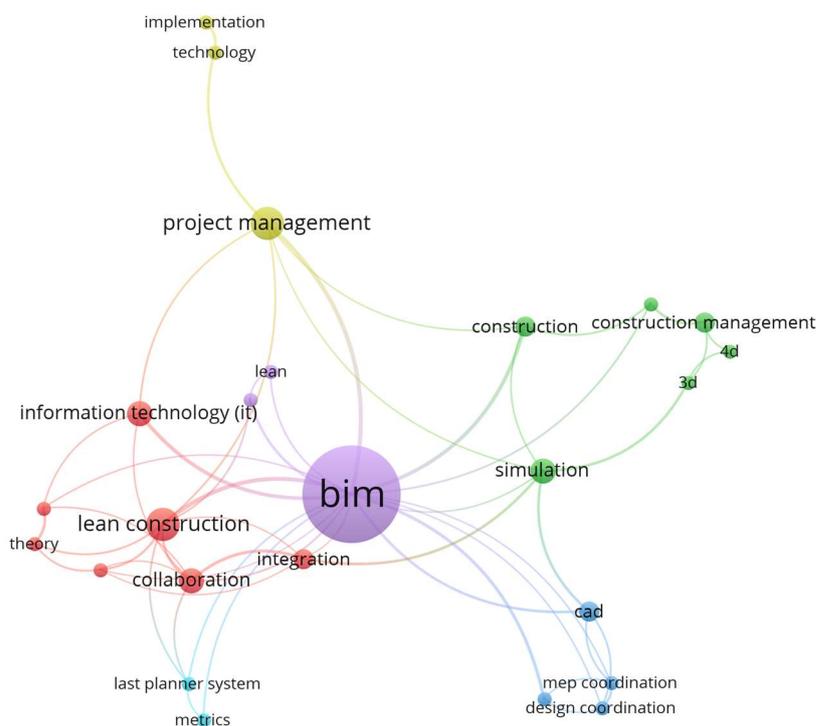
Neste caso, observou-se que a definição de Khanzode, Fischer e Reed (2008) apresenta associação com a categoria modelos, representada por NIBS (2007, p. 21).

A *referência mais co-citada* pelos autores que citam *Virtual Design and Construction* nos artigos que compõem a amostra desta pesquisa é o livro *BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*, na sua segunda edição (EASTMAN et al., 2011). Não foi encontrada, no livro, uma

definição sobre o termo *Virtual Design and Construction*. Os autores se referem ao termo como identificador de um tipo de atividade profissional relacionada a BIM (p. 177) e nome de um programa de treinamento de uma construtora (p. 357). Para dar significado ao conjunto de funcionalidades relacionadas à gestão da construção que podem ser integradas a ferramentas BIM para proporcionarem melhor compreensão a respeito de sua viabilidade e confiabilidade, ou autores utilizam o termo *Virtual Construction*. Os pesquisadores afirmam que tais funcionalidades seriam incorporadas como extensões em ferramentas BIM e já estariam, à época, sendo desenvolvidas pelos fabricantes de software.

A Figura 57 apresenta a rede com as **25 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a *Virtual Design and Construction***. A ferramenta *VOSviewer* identificou 6 *clusters*. É possível perceber que a palavra-chave *bim*, do *cluster* roxo, articula os demais, e tem um destaque bem mais acentuado em relação às outras palavras, o que pode ser um indício de que a temática BIM permeia, de certa forma, os trabalhos referenciados por todos os grupos. As outras palavras-chave do *cluster* roxo são *lean* e *waste* (texto não-visível), o que pode indicar que, entre os trabalhos que utilizam o termo *Virtual Design and Construction*, existe uma relação muito próxima com a temática BIM. O *cluster* amarelo, acima, tem *project management* como palavra-chave destacada; as demais palavras deste grupo são *technology* e *implementation*. À direita há o *cluster* verde, que apresenta as palavras-chave *simulation* e *construction* em destaque, e parece reunir palavras que representam trabalhos que tem enfoque mais dedicado à simulação 4D. O grupo azul tem prevalência da palavra-chave *cad*; acredita-se que este *cluster* agrega palavras que dizem respeito a pesquisas sobre coordenação e compatibilização de modelos. O *cluster* vermelho tem, como destaque, a palavra-chave *lean construction* e o grupo azul claro reúne duas palavras: *last planner system* e *metrics*. Estas palavras-chaves, ao emergirem, explicitam a forte relação entre estas temáticas e o termo *Virtual Design and Construction*.

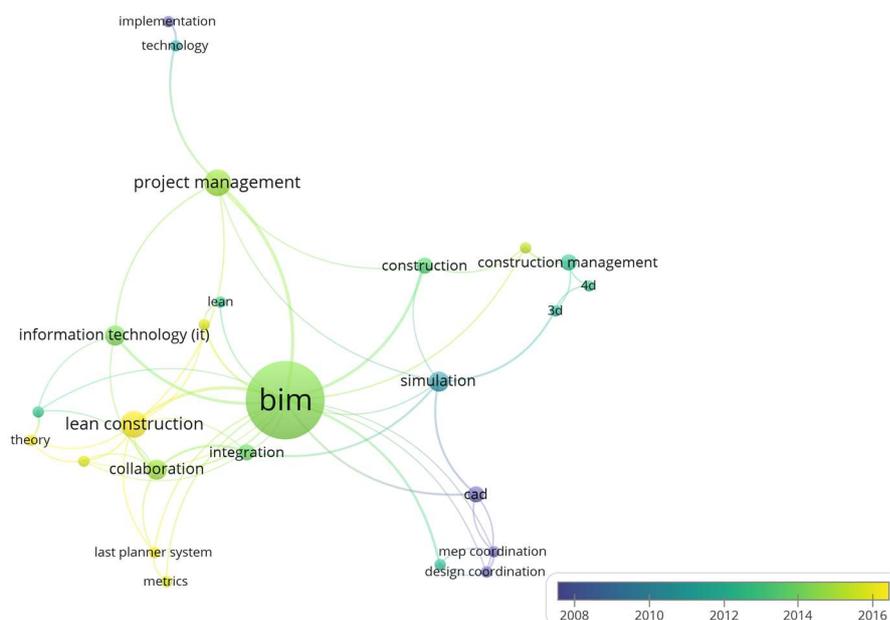
**Figura 57: Rede com as 25 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Virtual Design and Construction, por cluster**



**Fonte: O autor.**

A Figura 58 apresenta a rede com as 25 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Virtual Design and Construction, colorizadas de acordo com o ano de ocorrência predominante para cada palavra. As palavras-chave em destaque até o ano de 2008, relacionadas à pesquisa em VCD, são *implementation*, *cad*, *mep coordination* e *design coordination*. Em meados de 2010, as palavras-chave relevantes passam a ser *technology*, *simulation*, *3d*, *4d*, *construction management* e *rfi* (texto não-visível). Por volta de 2012, há destaque para as palavras-chave *lean*, *construction* e *integrated project delivery* (texto não-visível). Em meados de 2014, as palavras-chave *bim*, *project management*, *information technology (it)*, *collaboration* e *education* (texto não-visível), esta ordem, são as recebem mais destaque dos pesquisadores. A partir de 2016, as palavras-chave mais relevantes em pesquisas relacionadas a VDC passam a ser *lean construction*, *theory*, *last planner system*, *metrics*, *production* (texto não-visível) e *waste* (texto não-visível).

**Figura 58: Rede com as 25 palavras-chave mais utilizadas pelos autores na amostra relacionada a Virtual Design and Construction, por ano**



**Fonte: O autor.**

A Figura 59 apresenta a rede das 45 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências da amostra relacionada a Virtual Design and Construction. A ferramenta VOSviewer identificou 4 clusters. O cluster azul apresenta a palavra *model*, que é a de mais destaque para este e todos os clusters. Existem outras palavras do cluster azul à volta de *model*, como *level*, *change*, *analysis* e *part*, e algumas afastadas, à direita (*requirement* e *requirements model specification*). O cluster amarelo também ocupa o espaço central da rede, com as palavras *development*, *course* e *concept*. O cluster verde apresenta a palavra *contractor* em destaque, e várias palavras deste grupo tem boa relevância, como *company*, *construction industry*, *guideline*, *performance* e outras. O cluster vermelho tem *information modeling*, *practice* (texto não visível), *engineering*, *industry*, *team* e *complexity* como palavras destacadas, nesta ordem.



examinar as definições encontradas, percebeu-se que os significados atribuídos ao termo *Virtual Design and Construction* pela *referência mais antiga* (KAM; FISCHER, 2004) e a *mais citada* (KHANZODE; FISCHER; REED, 2008) são parecidos. A definição mais citada, porém, não faz menção do desenvolvimento de processos, delimitando o significado que atribui a VDC ao uso de “*parametric CAD models for analysis*”, por meio de “*BIM/VDC tools such as 3D/4D CAD (tools)*” (KHANZODE; FISCHER; REED, 2008, p. 325).

Portanto, foi observado que o significado atribuído a VDC pelos pesquisadores, entre 2004 e 2008, parece ter passado por uma mudança de interpretação, deixando de ser associado a processos e modelos para dar protagonismo somente a modelos, em Khanzode, Fischer e Reed (2008).

Com relação ao *alcance do termo*, foi possível observar, na Tabela 5, que 20 países têm ao menos uma citação para uma referência que inclui *Virtual Design and Construction* em títulos, palavras-chave ou resumos, e 3 países tem mais de 80 citações para seu conjunto de referências. Os Estados Unidos é o líder do grupo, com mais de 320 citações para seu conjunto de trabalhos. Ao associar estas informações ao intervalo de tempo representado pelas referências pesquisadas para leitura (2004 a 2008), aos gráficos da seção 4.1 e às Tabelas 15 e 16, foi possível observar que termo *Virtual Design and Construction*, um dos mais recentes a surgir, tem sido cada vez mais utilizado desde 2004, em números absolutos, o que pode ser um indício de que existem pesquisadores que entender ser importante associar seus trabalhos a VDC, e mantém o termo em uso corrente. Em relação à quantidade total de trabalhos publicados, considerando-se todos os termos, foi possível perceber que a participação proporcional diminuiu, do período 2007-2012 para o período 2013-2018 (2,6% para 1,1%), conforme ilustra a Tabela 6.

Na análise sobre as *palavras-chave utilizadas pelos autores*, observou-se que os pesquisadores adotam BIM como a palavra-chave que relaciona todos os grupos, e que os clusters contém palavras-chave que se refere a usos de BIM (CIC-PSU, 2011) relacionados à coordenação e compatibilização de modelos, simulação e integração com a obra, com as práticas de *lean construction*. A partir da observação da Figura 57,

que exibe a evolução das palavras-chave destacadas para VDC, percebeu-se que parece ter havido uma migração do interesse principal dos pesquisadores, de temáticas relacionadas à coordenação e compatibilização (2008) em direção a BIM, colaboração e gestão (2014) e, mais recentemente, construção enxuta (2016).

No levantamento sobre as *palavras mais empregadas nos títulos e resumos pelos autores*, foi observado que este conjunto de palavras está em alinhamento com o conjunto de palavras-chave, com relação às temáticas. As palavras *cluster* azul parecem indicar que os pesquisadores representados por este grupo associam questões relacionadas à modelagem de modo muito intenso às especificações e requisitos para obra. O grupo verde parece fazer referência a pesquisas que relacionam VDC a questões contratuais que envolvem os diversos *stakeholders* de um empreendimento. O grupo vermelho reúne palavras que parecem referenciar trabalhos sobre como integrar e comunicar as informações modeladas às equipes. Observou-se que há provavelmente, grande colaboração entre pesquisadores que trabalham com as temáticas abordadas pelas áreas representadas pelos *clusters* verde e vermelho, e que parece haver um certo distanciamento entre estas pesquisas e os trabalhos relacionados a VDC que tratam de temáticas relacionadas a especificações de modelagem e análises.

Ao associar as palavras-chave utilizadas pelos autores e palavras empregadas em títulos e resumos às definições de Kam e Fischer (2004) e Khanzode, Fischer e Reed (2008), foi constatado que este conjunto de informações indicam uma associação de *Virtual Design and Construction* a usos de BIM bastante específicos (*3D Coordination*, *Site Utilization Planning* e *Construction System Design*) quando se utiliza CIC-PSU (2011) como referência.

A análise de que estas referências apresentam um direcionamento explícito a alguns usos de BIM, e não a usos de modo geral, levou à constatação de que o significado atribuído à *Virtual Design and Construction* tem associação com uma determinada área temática dentro do corpo de conhecimentos relacionado a *Building Information Modeling*. Dentro desta área temática, o significado atribuído a VDC evoluiu, deixando de representar modelos e processos (KAM; FISCHER, 2004) para

representar modelos (KHANZODE; FISCHER; REED, 2008). A compreensão a respeito do posicionamento do termo *Virtual Design and Construction* por esta pesquisa parece estar alinhada com a interpretação de Eastman et al. (2011), a *referência mais co-citada* pelos autores que utilizam VDC em seus trabalhos.

#### 4.2.14 Síntese da evolução dos termos e compreensões associadas

Para analisar quais seriam os termos *precursores*, *contemporâneos* ou *subsequentes* ao *Building Information Modeling*, foi escolhida, como referência, a definição de Fu et al. (2004), por ser a mais antiga definição encontrada sobre *Building Information Modeling* resultante do protocolo estabelecido pela RSL. O Quadro 34 apresenta, portanto, a lista dos termos e acrônimos, ordenados pelo ano de surgimento, ou seja, o ano em que foi identificada a referência mais antiga com uma definição para cada termo, qual a relação temporal com a definição mais antiga para *Building Information Modeling* (FU et al., 2004).

**Quadro 34: Termos, ano de surgimento, relação com a definição mais antiga para Building Information Modeling e status de uso**

Termo (acrônimo)	Ano de surgimento	Relação temporal com a def. mais antiga para <i>Building Information Modeling</i>
Computer-Aided Architectural Design (CAAD)	1974	PRECURSOR
Building Design System (BDGS)	1975	PRECURSOR
Building Description System (BDPS)	1975	PRECURSOR
Integrated Building Model (IBM)	1980	PRECURSOR
Design Data Model (DDM)	1982	PRECURSOR
Building Product Model (BPM)	1989	PRECURSOR
Integrated Product Model (IPM)	1989	PRECURSOR
Computer-Aided Building Design (CABD)	1991	PRECURSOR
Building Information Model (BIM)	1992	PRECURSOR
Integrated Design Model (IDM)	1992	PRECURSOR
Automated Building Design (ABD)	1994	PRECURSOR
Parametric Building Model (PBM)	2001	PRECURSOR
Virtual Design and Construction (VDC)	2004	CONTEMPORÂNEO
<b>Building Information Modeling (BIM)</b>	<b>2004</b>	<b>NA</b>

**Legenda: NA = não se aplica. Fonte: O autor.**

O Quadro 35 exibe a lista dos termos e acrônimos ordenados pelo ano de surgimento, apresenta a relação entre as definições mais antigas, citadas e co-citadas, para cada termo, com as categorias BIM de significados (SISTEMAS, MODELOS e PROCESSOS, de acordo com o Quadro 1) e como se deu a evolução do significado

atribuído ao termo. A *evolução do significado atribuído a determinado termo* foi avaliada, para todos os casos, sempre a partir da definição extraída da *referência mais antiga* em comparação com a entendida, pela pesquisa, como a mais relevante, entre a *mais citada* ou a *mais co-citada*. A referência compreendida como a mais relevante, para cada termo, está marcada em cinza.

**Quadro 35: Termos, categorias relacionadas e avaliação da evolução**

Termo (acrônimo)	A	B	C	Avaliação da evolução do significado: da def. mais antiga (A) para a mais relevante (B ou C, marcada em cinza)
	Ano da def. mais antiga & categoria(s) relacionada(s)	Ano da def. mais citada & categoria(s) relacionada(s)	Ano da def. mais co-citada & categoria(s) relacionada(s)	
Computer-Aided Architectural Design (CAAD)	1974, SISTEMAS	1979, SISTEMAS	2003, OUTRA ÁREA	Evolução divergente
Building Design System (BDGS)	1975, SISTEMAS, MODELOS e PROCESSOS	1976, SISTEMAS e MODELOS	1975, SISTEMAS, MODELOS e PROCESSOS	Evolução dentro do escopo das definições
Building Description System (BDPS)	1975, SISTEMAS	1992, MODELOS e PROCESSOS	1990, SISTEMAS	Evolução dentro do escopo das definições
Integrated Building Model (IBM)	1980, SISTEMAS	1980, SISTEMAS	NE	Estável
Design Data Model (DDM)	1982, SISTEMAS e MODELOS	2012, OUTRA ÁREA	2001, OUTRA ÁREA	Evolução divergente
Building Product Model (BPM)	1989, SISTEMAS, MODELOS e PROCESSOS	1989, SISTEMAS, MODELOS e PROCESSOS	1999, SISTEMAS e MODELOS	Evolução dentro do escopo das definições
Integrated Product Model (IPM)	1989, MODELOS	2009, MODELOS	2004, OUTRA ÁREA	Evolução divergente
Computer-Aided Building Design (CABD)	1991, SISTEMAS	1995, SISTEMAS	2000, SISTEMAS, MODELOS e PROCESSOS	Dentro do escopo das definições
<b>Building Information Model (BIM)</b>	<b>1992, MODELOS</b>	<b>2014, MODELOS</b>	<b>2008, PROCESSOS</b>	<b>Estável</b>
Integrated Design Model (IDM)	1992, SISTEMAS	2011, SISTEMAS	NE	Estável
Automated Building Design (ABD)	1994, SISTEMAS	2012, SISTEMAS	1970, SISTEMAS	Evolução para área temática dentro da categoria
Parametric Building Model (PBM)	2001, SISTEMAS	2004, SISTEMAS e MODELOS	1999, OUTRA ÁREA	Evolução convergente
Virtual Design and Construction (VDC)	2004, MODELOS e PROCESSOS	2008, MODELOS	1999, OUTRA ÁREA	Evolução dentro de uma área temática
<b>Building Information Modeling (BIM)</b>	<b>2004, MODELOS</b>	<b>2009, PROCESSOS</b>	<b>2008, PROCESSOS</b>	<b>Evolução dentro do escopo das definições</b>

**Legenda: NE= Referência não existe. Fonte: O autor.**

A Tabela 9 exibe a quantidade de definições encontradas por categorias e distribuídas em dois intervalos de tempo. Mesmo não tendo representatividade estatística, a decisão em produzi-la foi tomada com o propósito de verificar se existiria alguma tendência latente, por parte dos pesquisadores que criam definições para os termos (e que, de certo modo, influenciam outros na escolha de termos), em optar por determinada categoria. Foi observado que a maior parte das definições

relacionadas à categoria sistemas (17 entre 21) foi criada entre 1965 e 2000. No intervalo de tempo 1985-2000 foram criadas 18 definições (1,2 definições por ano), e no período 2001-2008 foram criadas 13 definições (1,85 definições por ano). No último período, 2009-2018, foram 5 definições (0,55 definições por ano). A redução no número de definições/ano criadas por período, observada junto aos resultados apresentados na seção 4.1, contribuem para o entendimento de que os pesquisadores parecem ter chegado ao consenso de que o termo Building Information Modeling, com o significado associado à categoria processos, o termo Building Information Model, associado à categoria modelos, e o acrônimo BIM, são adequados para representar as atividades de pesquisa relacionadas a este corpo de conhecimentos para o setor da AECO.

**Tabela 9: Quantidade de definições encontradas, por categorias e intervalos de tempo**

Intervalo de tempo e Categorias	SISTEMAS	MODELOS	PROCESSOS	OUTRAS ÁREAS	Total
1965 a 1984	9 (69%)	2 (15%)	1 (8%)	1 (8%)	13 (100%)
1985 a 2000	8 (44%)	6 (33%)	3 (17%)	1 (6%)	18 (100%)
2001 a 2008	2 (16%)	5 (38%)	3 (23%)	3 (23%)	13 (100%)
2009 a 2018	2 (40%)	1 (20%)	1 (20%)	1(20%)	5 (100%)
Todo o período da pesquisa	21 (43%)	14 (29%)	8 (16%)	6 (12%)	49 (100%)

**Fonte: O autor.**

A Figura 61 exibe uma linha do tempo elaborada que expõe a visualização-síntese da evolução dos termos e compreensões associadas. São explicitadas a) as relações entre cada um dos termos, de acordo com as referências mais antigas, citadas e co-citadas, conectadas por meio das categorias BIM de referência, b) a conexão entre as definições relevantes, para cada termo, dando origem a um caminho que explicita a evolução dos termos e categorias de significados relacionados a BIM e c) as relações entre os termos de referência para esta pesquisa.



### 4.3 A EVOLUÇÃO DO CORPO DE CONHECIMENTOS E SUA RELAÇÃO COM BIM

Para que fosse possível realizar discussões sobre a evolução, entre 1965 e 2018, do corpo de conhecimentos representado pelos 13 termos pesquisados e a sua relação com *Building Information Modeling*, fez-se necessário analisar as referências a partir da divisão deste período entre intervalos de tempo. O critério para a divisão do período de pesquisa nos intervalos considerados está apresentado na seção 3.2.2., e amostra utilizada tem origem na base de dados Scopus, ilustrada pela Tabela 2.

#### 4.3.1 Entre 1965 a 1984

A *definição mais antiga* para todos os termos, neste período, está em Eastman (1974), para *Computer-Aided Architectural Design* e a *referência mais citada* foi Eastman (1976), para *Building Description System*. Foi observado que os termos foram propostos pelo mesmo pesquisador em um intervalo de tempo de aproximadamente dois anos, e que a eles foram atribuídos significados praticamente idênticos.

A *referência mais co-citada* pelos autores que publicam neste intervalo de tempo, para quaisquer um dos termos, é o livro *Computer-Aided Architectural Design* (MITCHELL, 1977), uma das obras de referência para todo o corpo de conhecimento relacionado a projetos desenvolvidos com o auxílio de computadores para as áreas da Arquitetura, Engenharia e Construção Civil. De acordo com o autor, o livro apresenta conceitos fundamentais sobre CAAD para estudantes de arquitetura, arquitetos e profissionais da computação (MITCHELL, 1977, p. ix). No primeiro capítulo, o autor considera que existia, para a época, uma abordagem ambiciosa a respeito de *Computer-Aided Architectural Design*, que teria a atribuição de

*“replace the traditional “paper format” design data bases by a comprehensive computer-based building system. In other words, drawing boards are replaced by computer graphic terminal, and electronic processing of data substitutes for paper-and-pencil techniques. By integrating a wide variety of application programs with a **building description system**, an integrated computer-aided design system can be developed. A still more ambitious approach is to substantially **reorganize the whole design and construction process** in order to take fullest advantage of the potentials of computer-aided design. This is sometimes referred as **computer-aided building**”* (MITCHELL, 1977, p. 66).

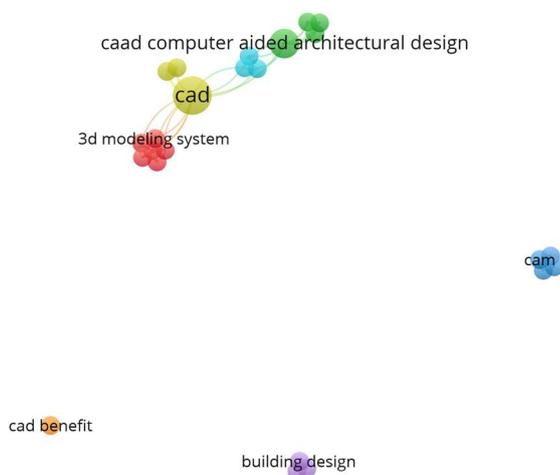
A partir da leitura deste trecho de Mitchell (1977), observou-se que o autor utiliza o termo *Building Description System* de modo associado às técnicas e ferramentas para a produção de modelos, como as definições de Eastman, Lividini e Stoker (1975), a mais antiga encontrada para este termo nesta pesquisa, e as definições de BIM de referência para sistemas (AUTODESK, 2002) e modelos (NIBS, 2007, p. 21). Logo, na sequência, o autor argumentou ser possível utilizar conhecimentos de CAAD para reorganizar todo o processo de projeto e construção, e sugere que esta nova prática, para a época esteja sendo identificada como *Computer-Aided Building* (CAB). Foi observado que este termo, até então não encontrado por esta pesquisa em outras referências, guarda semelhança de significado com a definição de *Building Information Modeling* de referência para processos (EASTMAN et al., 2008, p. 13). As definições apresentadas por Mitchell (1977) também reforçam o alinhamento inicial de CAAD, para o intervalo de tempo entre 1965 e 1984, com o significado de referência para BIM relacionado à categoria processos (EASTMAN et al., 2008, p. 13).

Com relação ao *alcance dos termos entre 1965 e 1984*, foi possível observar, na Tabela 6, que 10 países têm ao menos uma citação para uma referência, neste intervalo de tempo. São 4 os países que têm entre 2 e 3 citações para suas referências, o que pode ser um indício de que o corpo de conhecimentos relacionado a BIM estava em formação. Neste intervalo de tempo, de acordo com os resultados apresentados no Quadro 23, o Reino Unido (GBR) era o país que concentrava o maior número de citações para suas referências, com os Estados Unidos (USA) na segunda posição. Os dados exibidos pela Figura 8 ajudam a confirmar a percepção de um corpo de conhecimentos em formação, com um número baixo de referências publicadas para o período. Apenas o termo *Computer-Aided Architectural Design* foi encontrado com certa regularidade, pelo menos uma vez ao ano (ainda assim, a partir de 1971) entre os oito termos que foram registrados neste período.

A Figura 62 exibe *as 24 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências entre 1965 e 1984*. A ferramenta VOSviewer identificou 7 clusters. A palavra-chave *cad* benefit aparece isolada em um cluster. Outro grupo isolado tem *building design* como palavra-chave principal, *standard* e *sase*, acrônimo para *Standards analysis, synthesis,*

*and expression* (FENVES et al., 1987), como secundárias. O terceiro grupo isolado tem o acrônimo *cam* (*computer-aided manufacturing*) como palavra-chave principal e *product model*, *process planning* e *cap* (*computer-aided planning*) como palavras secundárias. A rede principal é formada por quatro *clusters*. O grupo principal tem a palavra-chave *cad* (*computer-aided design*) como a mais importante, e é formado por *architecture* e *logic programming*. O segundo *cluster* mais importante tem a palavra-chave *caad* (*computer-aided architectural design*) como a principal, junto à *visualization*, *fifth generation* e *appraisal and evaluation*. Entre estes *clusters*, existe um com as palavras-chave *design methods*, *layout planning*, *computer graphics*, e todas tem o mesmo peso. Na parte inferior desta rede está o *cluster* com as palavras-chave *3d modeling system*, *robotic*, *building performance*, *optimization*, *interrogable building blocks* e *man-machine interaction*. É possível observar, pelas palavras-chave, que as temáticas investigadas à época continuam fazendo parte das linhas de pesquisa da academia e indústria nos dias de hoje.

**Figura 62: Mapa das 24 palavras-chave com pelo menos uma co-ocorrência entre 1965 e 1984**

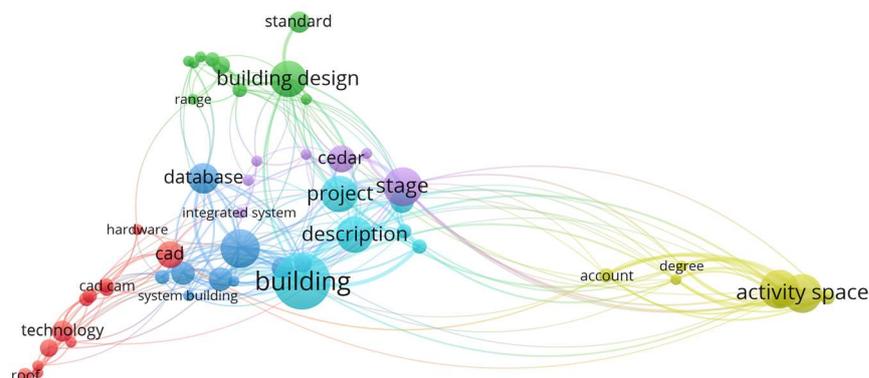


**Fonte: O autor.**

A Figura 63 exhibe as **50 palavras mais empregadas nos títulos e resumos entre 1965 e 1984**. A ferramenta *VOSviewer* identificou 6 *clusters*. O formato da figura indica que há a prevalência de temas relacionados às palavras que lideram os *clusters* da maior rede de palavras, com destaque para o *cluster* azul-claro. Este grupo tem as palavras *building*, *description* e *project* (textos não-visíveis). O grupo azul-escuro tem as palavras *building description system* e *program* (textos não-visíveis), *database* e *system*

*building* como principais. Assim como o bloco azul-claro, o azul-escuro também agrupa palavras relacionadas à descrição digital dos edifícios por meio de bancos de dados. O *cluster* vermelho, mais à esquerda, agrupa palavras como *cad*, *hardware*, *cad cam*, *technology*, agregando temas relacionados à TI que dão suporte aos processos de produção de projetos digitais. O *cluster* verde reúne palavras como *building design*, *standard*, *range*, *education* (não-visível). O *cluster* roxo agrega palavras como *stage* e *cedar*<sup>17</sup>. No *cluster* amarelo, à esquerda, estão palavras como *activity space*, *element*, *account* e *degree*. Percebeu-se que os *clusters* amarelo, verde e roxo não agrupam as palavras de modo coeso, o que pode indicar que não existiria um corpo de conhecimento com densidade suficiente para que estes temas pudessem constituir grupos próprios. Os *clusters* azul-claro, azul-escuro e vermelho, por outro lado, já agrupam palavras que formam conjuntos coesos de temas.

**Figura 63: Rede das 50 palavras mais empregadas entre 1965 e 1984, por cluster**



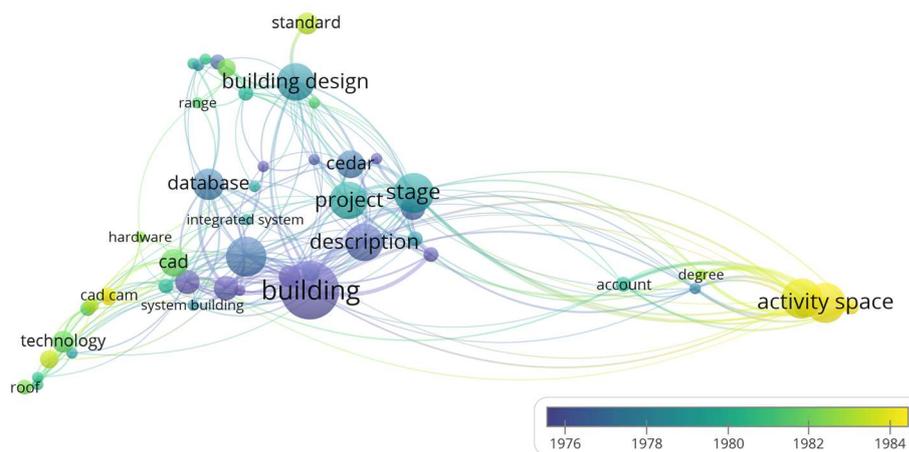
**Fonte: O autor.**

A Figura 64 apresenta a rede que representa as *50 palavras principais, colorizadas de acordo com o ano de ocorrências predominantes para cada palavra, entre 1965 e 1984*. Dentro do intervalo considerado, as palavras que têm destaque no começo do período, até 1976, são *building*, *description*, *cedar*, *database* e *building description system*. As palavras *building design*, *stage* e *project* aparecem com destaque por volta de 1980;

<sup>17</sup> CEDAR é o nome de um sistema CAD desenvolvido no fim da década de 80 pela *Property Services Agency*, empresa estatal do governo britânico (THOMPSON, 1984).

nesta época, com menos destaque, parecem as palavras *integrated system* e *system building*. Mais para o final do período, entre 1982 e 1984, destacam-se o uso das palavras *activity space*, *appraisal* e *architectural design system* (textos não-visíveis), *cad*, *cad cam* e *technology*, entre outras.

**Figura 64: Rede das 50 palavras mais empregadas entre 1965 e 1984, por ano**



**Fonte: O autor.**

Ao comparar a *análise de palavras-chave mais utilizadas pelos autores* com a *análise de palavras mais empregadas em títulos e resumos*, considerou-se que estes conjuntos, para o intervalo de tempo compreendido entre 1965 e 1984, apresentaram resultados que confirmaram as análises realizadas, no início desta síntese, sobre a evolução dos significados atribuídos a *Building Information Modeling*.

A seguir é apresentada a *análise comparativa entre a quantidade de termos encontrados nas palavras-chave e a quantidade encontrada em título e resumos*. Foi observado que 8 termos emergem dos títulos e resumos, enquanto apenas *Computer-Aided Architectural Design* é utilizado nas palavras-chave. Esta constatação pode ser um indício de que termos como *Building Design System*, *Building Description System* e *Integrated Building Model* haviam sido formulados e os trabalhos que continham tais termos ainda não haviam sido citados por outras pesquisas que fazem parte da amostra.

Entre os principais fatores que poderiam ser apontados como limitantes para que estes termos, assim como o corpo de conhecimentos, tivesse maior alcance do que o

registrado, acredita-se razoável apontar a) o alto custo dos equipamentos necessários para a realização dos experimentos e b) o acesso a redes de compartilhamentos de dados por meio computadores, extremamente limitado à época (MAVER, 1970; EASTMAN, 1974; 1976), o que leva ao fator c) a falta de meios de comunicação instantâneos e de baixo custo proporcionados, mais adiante, pela popularização da internet.

*No intervalo de tempo 1965-1984*, portanto, os termos relevantes são *Computer-Aided Architectural Design* (EASTMAN, 1974) e *Building Description System*, por Eastman (1976) e Mitchell (1977). A partir da leitura das referências e da interpretação dos resultados das análises, foi possível compreender que, neste período, os trabalhos publicados trataram de relatar a) a investigação das potencialidades do uso de computação aplicada a projetos, b) a formulação de teorias e a elaboração de modelos matemáticos e computacionais, c) o desenvolvimento de especificações técnicas, com o objetivo de permitir a troca de dados entre partes, d) o desempenho de equipamentos utilizados para o desenvolvimento dos trabalhos, e e) os resultados dos esforço dos grupos de pesquisa, em conferências e journals, com o propósito de difundir os resultados relacionados a este corpo de conhecimentos.

Questões relacionadas ao desempenho dos equipamentos e ao seu alto custo, mesmo nos grandes centros de inovação da época, como o Reino Unido e os Estados Unidos, e a precária infraestrutura de telecomunicações, eram frequentemente apontadas como barreiras para o desenvolvimento dos trabalhos (MAVER, 1970; EASTMAN, 1974; 1976). Como resultado, muitas referências e registros documentais citados por diversos pesquisadores tornaram-se difíceis de encontrar.

A análise destas informações, junto à observação dos dados apresentados pelo Quadro 9, que resume as revisões críticas sobre BIM analisadas para esta pesquisa, foram utilizadas para desenvolver a compreensão de que a precariedade dos equipamentos, da infraestrutura de TI e de acesso fácil ao conteúdo produzido pela academia, via Internet, no período 1965-1984, teria dificultado o registro e a divulgação, em ampla escala, do conhecimento produzido nesta época. Estes podem ser os fatores que justificam o desconhecimento, por grande parte dos pesquisadores

da segunda década do século XXI, acerca de existência das teorias e experiências que deram origem aos termos e definições relacionadas a *Building Information Modeling*, criados há aproximadamente 45 anos.

#### 4.3.2 Entre 1985 a 2000

A *definição mais antiga* para todos os termos, neste período, está em *Formal Representations: A Foundation for Computer-Aided Architectural Design* (MITCHELL, 1986). O trabalho, publicado nove anos depois do livro *Computer-Aided Architectural Design* (MITCHELL, 1977), teve o propósito de apresentar as bases teóricas para o desenvolvimento de softwares orientados a CAAD, de forma clara, compreensiva e rigorosamente estruturada (MITCHELL, 1986). O autor afirma que as bases teóricas ofereciam a estrutura conceitual para o desenvolvimento de sistemas que seriam conhecidos com *Integrated Building Description Systems*, que seriam capazes de a) manter uma descrição completa e não-redundante do atual estado do projeto, b) proporcionar inspeção e edição de objetos por meio de uma interface gráfica, c) proporcionar aplicativos para análises e extrair resultados dos modelos. Entre as atividades de análise e extração de dados, Mitchell (1986) cita a estrutural, a térmica, de custos, detecção de colisão geométrica, automação da trajetória de dutos e assim por diante. Um módulo de produção teria a incumbência de gerar saídas de dados, como plantas, elevações, cortes, quantidades e especificações a partir do modelo (MITCHELL, 1986). A definição de Mitchell (1986), portanto, tem semelhança de significado com a definição de *Building Description System* de Eastman, Lividini e Stoker (1975) que, por sua vez, foi associada aos três termos BIM de referência para esta pesquisa.

A *referência mais citada* entre 1985 e 2000, para quaisquer um dos termos pesquisados, foi encontrada em *Basic structure of a proposed building product model* (BJÖRK, 1989), e ocorre três anos depois da referência mais antiga encontrada neste intervalo de tempo (MITCHELL, 1986). As duas referências utilizam termos diferentes para tratar do mesmo tema, e os significados atribuídos aos termos, em ambos os casos, apresentaram-se alinhados às definições associadas a sistemas, por

Autodesk (2002), modelos, por NIBS (2007, p. 21) e processos, por Eastman et al. (2008, p. 13).

A *referência mais co-citada* pelos autores que publicam neste intervalo de tempo, para quaisquer um dos termos, é o trabalho *General AEC reference model (GARM) an aid for the integration of application specific product definition models* (GIELINGH, 1988). O autor, à época, exercia a função de coordenador do grupo de trabalho para Arquitetura, Engenharia e Construção da comissão da ISO (*International Organization for Standardization*) encarregada do desenvolvimento da especificação técnica STEP (*STandard for Exchange of Product*) e, para este grupo, apresentou o modelo conceitual de dados *General AEC reference model (GARM)*, e como poderia ser utilizado para integrar outros modelos de dados. No contexto desta pesquisa, *General AEC reference model (GARM)* pode ser considerado um termo que tem significado associado ao termo BIM de referência para modelos (NIBS, 2007, p. 21) e que não apareceu no levantamento preliminar.

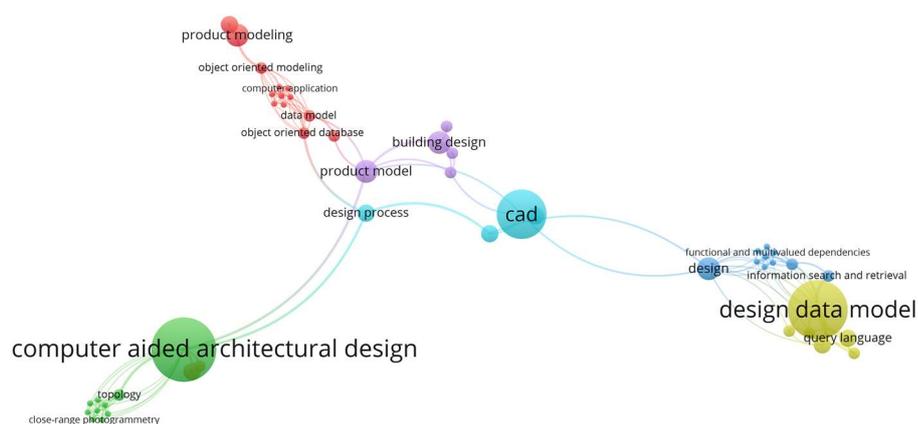
Com relação ao *alcance dos termos entre 1985 e 2000*, foi possível observar, na Tabela 6, que 31 países têm ao menos uma citação para uma referência, neste intervalo de tempo. São 5 os países que têm entre 10 a 19 citações para seu conjunto de referências: Estados Unidos (USA), Alemanha (DEU), Canadá (CAN), Finlândia (FIN) e Áustria (AUT), conforme o Quadro 25. Desta forma, percebeu-se que as pesquisas relacionadas a este corpo de conhecimentos se expandiu consideravelmente, em relação ao período anterior (de 10 países em 19 anos para 31 países em 15 anos) e o número de países com publicações relevantes também cresceu. Ao se observar a Figura 9, foi possível perceber que, neste intervalo de tempo, parece haver um equilíbrio na distribuição de referências para cada termo, com exceção de *Computer-Aided Architectural Design*. O número de termos diferentes registrados, em relação ao período anterior, aumenta de 8 para 10.

A Figura 65 exhibe as *50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências entre 1985 e 2000*. Os grandes grupos têm como principais palavras: *computer-aided architectural design, building design, product modeling, cad, design* e *design data model*. Observou-se que, dentro do grupo *product modeling*, estão as temáticas relacionadas a

modelagem orientada a objetos; o grupo *caad* abriga os temas *photogrammetry* e *virtual reality*; o *cluster design* abriga conteúdos relacionados a projetos de bancos de dados.

Sendo assim, percebe-se que a ferramenta *VOSviewer* dispôs, à direita, as palavras-chave ligadas a técnicas computacionais para modelagem de dados, que tem relação com a área pesquisada. À esquerda, na parte inferior, concentram-se as palavras-chave ligadas ao uso da tecnologia para a concepção e visualização de projetos de arquitetura. Na parte esquerda superior, estão as palavras-chave relacionadas à modelagem orientada a objetos, que tem ligação com a modelagem de produtos (*product modeling*), terminologia utilizada na construção civil, na indústria de manufatura e de infraestrutura. Próximo ao centro, está o grupo de termos ligados ao projeto de edificações que, provavelmente, é que tem mais relação com a *Building Information Modeling*. Este grupo tem conexões com o *cluster* de modelagem orientada a objetos, com o *cluster* de *computer-aided architectural design* e com o grupo principal. O *cluster* principal está bem no meio da figura, e articula os demais *clusters*; observou-se que este é composto pelas palavras-chave *cad*, *architecture* e *design process*.

**Figura 65: Rede com as 50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências entre 1985 e 2000, por cluster**

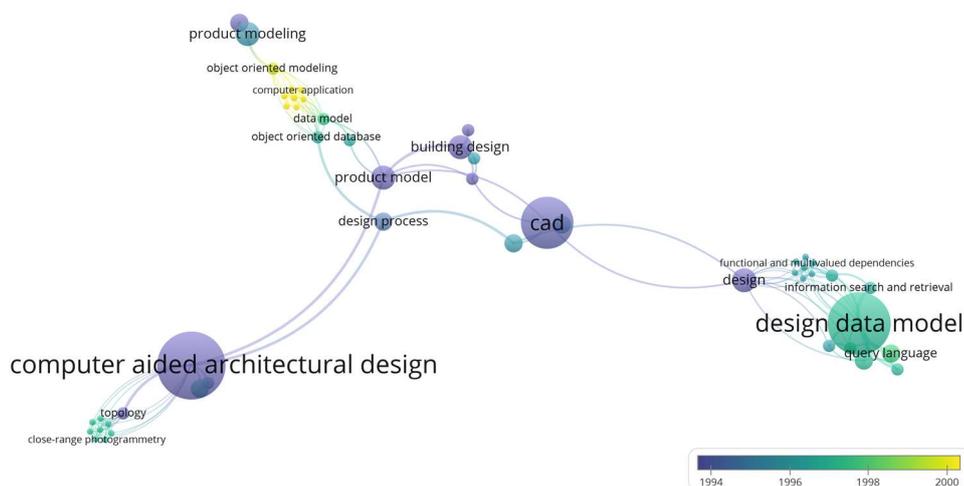


**Fonte: O autor.**

A Figura 66 apresenta a rede com as 50 *palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências entre 1985 e 2000, colorizadas de acordo com o ano de co-ocorrência predominante para cada palavra-chave*. Observou-se que, neste intervalo de tempo,

as palavras-chave *cad*, *computer-aided architectural design*, *building design*, *product model*, *design process*, *topology* e *computer-aided building design* (não visível) são predominantes por volta de 1994. As palavras-chave *design data model*, *query language*, *information search and retrieval*, *data model*, *object-oriented database*, *virtual reality* e *close-range photogrammetry* tem destaque entre 1996 e 1997. As palavras-chave *object-oriented modeling*, *computer application*, *error analysis*, *spatial database*, *statistical analysis* (as três últimas não são visíveis) são predominantes no ano 2000, e podem apontar uma tendência nas pesquisas que se seguiram no intervalo subsequente.

**Figura 66: Rede com as 50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências entre 1985 e 2000, por ano**



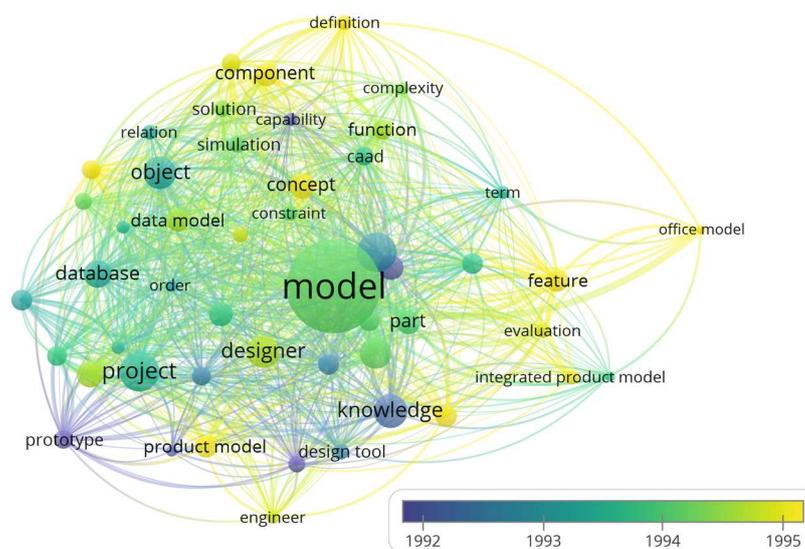
**Fonte: O autor.**

A Figura 67 apresenta as 50 palavras mais empregadas nos títulos e resumos entre 1985 e 2000, por cluster. A ferramenta VOSviewer identificou 5 clusters. O formato da figura indica que existe a rede de palavras assume uma conformação circular, equilibrada. O cluster roxo tem a palavra *model*, que agora é a predominante, no centro da figura. Ligada a esta palavra, neste cluster, estão as palavras *database*, *data model*, *structure* e *relationship*, indicando que o sentido dado a *model* pelos pesquisadores, nesta época, pode ser relacionado à modelagem de edifícios e à modelagem de dados que dão suporte aos projetos. O cluster vermelho, que está bem à direita do roxo e tem predominância da palavra *architectural design*, reforça esta análise; as palavras *caad*, *design*, *design process* e *knowledge* também fazem parte do cluster vermelho. O grupo verde, à esquerda, que tem a palavra *project* como a mais



*definition, feature, engineer, office model e product model*. Observou-se que as palavras de destaque mais recentes neste intervalo se concentram na periferia da figura, independente do *cluster* a que pertencem; foi percebido que este é um movimento típico do processo de introdução e estabilização de temáticas em uma determinada área, ou corpo de conhecimento, quando a análise é feita com a ferramenta *VOSviewer*.

**Figura 68: 50 palavras mais empregadas nos títulos e resumos entre 1985 e 2000, por ano**



**Fonte: O autor.**

Ao se realizar a *análise de palavras-chave mais utilizadas pelos autores* e das *palavras mais empregadas em títulos e resumos*, foi possível perceber que, nas palavras-chave estão destacados os objetivos de pesquisa, como *cad, caad e product modeling* e, no conteúdo latente, observou-se que há o indicativo de como isto era estudado ao longo do tempo: primeiro, com ênfase no conhecimento, protótipos, modelos de produto e ferramentas de projeto; depois, pesquisando-se projetos, bases de dados, objetos e relações; em seguida, a ênfase foi dada ao modelo e simulações; por fim, o foco foi para a avaliação, conceitos, componentes e *features*.

A seguir é apresentada a *análise comparativa entre a quantidade de termos encontrados nas palavras-chave e a quantidade encontrada em título e resumos*. Foi observado que 10 termos emergem dos títulos e resumos na faixa de referências que apresentam de 1 a 9 co-ocorrências, enquanto, para a mesma faixa, 6 termos foram

encontrados, entre eles o termo *Building Information Model*, que também aparece nas palavras-chave. Na faixa entre 10 a 19 co-ocorrências, 4 termos emergem dos títulos e resumos (entre eles, *Building Description System*) e, nas referências que estão na faixa de 20 a 39 co-ocorrências, apenas os termos *Building Product Model* e *Computer-Aided Architectural Design* foram encontrados. Estes resultados reforçaram a relevância destes três termos, que tiveram a sua importância, para o período, identificada pelo processo de análise de referências mais antigas, citadas e co-citadas. Com relação aos resultados do intervalo de tempo anterior (1965-1984), foi observada uma repetição do padrão anterior: houve uma presença maior dos termos de pesquisa nos títulos e resumos do que nas palavras-chave.

*No intervalo de tempo 1985-2000*, portanto, os termos relevantes são *Building Description System* (MITCHELL, 1986), *Integrated Building Model*, por Björk (BJÖRK, 1989) e *General AEC reference model* (GARM), por Gielingh (1988). A partir da análise de todos os dados desta seção, foi formada a percepção de que, neste intervalo de tempo, as pesquisas haviam ultrapassado os desafios relacionados a compreender as potencialidades da computação aplicada à projetos, conforme Maver (1970). Desta forma, passariam, majoritariamente, a se concentrar na formulação de modelos teóricos mais estruturados e especificações técnicas computacionais de caráter integrador, como o STEP, para dar viabilidade às proposições apresentadas por pesquisas anteriores.

A quantidade de termos que adquiriram notoriedade, ou seja, que foram transpostos dos títulos e resumos para as palavras-chave, aumentou muito: entre 1965 e 1984, apenas *Computer-Aided Architectural Design* era relacionado entre as palavras-chave, pelos pesquisadores e, neste período, são 7 os termos que passam a ser reconhecidos pela comunidade acadêmica. Ao observar os outros resultados sobre este intervalo de tempo, foi elaborada a compreensão de que o aumento do número de termos (de 8 para 10) e o aumento de termos nas palavras-chave (de 1 para 7) pode ter relação com o aumento da produção científica em relação a este corpo de conhecimento em diversos países e, naturalmente, diferentes instituições, proporcionado pelo avanço tecnológico de equipamentos e de infraestrutura de telecomunicações.

### 4.3.3 Entre 2001 a 2008

A *definição mais antiga* para todos os termos, entre 2001 e 2008, está em *Building Footprint Extraction and 3-D Reconstruction from LIDAR Data* (HAITHCOAT; SONG; HIPPLE, 2001). A referência também foi identificada como a mais antiga para o termo *Parametric Building Model*.

A *referência mais citada* neste intervalo de tempo, para quaisquer um dos termos pesquisados, foi encontrada em *Building information modelling – Experts’ views on standardisation and industry deployment* (HOWARD; BJÖRK, 2008) para o termo *Building Information Modeling*. A introdução da referência é a definição de BIM que orienta a leitura do documento:

*“Representation of all the information needed to describe buildings throughout the whole design, construction and management process” (HOWARD; BJÖRK, 2008).*

Foi observado que a definição de Howard e Bjork (2008) apresenta semelhança em significado com a definição BIM de referência relacionada a modelos (NIBS, 2007, p. 21).

A *referência mais co-citada* pelos autores que publicam neste intervalo de tempo, para quaisquer um dos termos, é o livro *Building Product Models* (EASTMAN, 1999b), que também foi identificado como referência mais co-citada para os termos *Building Product Model* (seção 4.2.7) e *Parametric Building Model* (seção 4.2.12). Este foi o único caso, entre todos os intervalos de tempo definidos, em que uma referência mais co-citada não pertence ao período de análise.

Para este período, portanto, foi possível perceber algumas diferenças em relação aos resultados relacionados às referências mais antigas, citadas e co-citadas para os intervalos de tempo anteriores. Os três termos estão associados à definição BIM de referência para modelos, de NIBS (2007, p. 21), porém, de modos diferentes: enquanto Haithcoat, Song e Hipple (2001) tratam de temas relacionados à construção automatizada de volumes para representar edifícios, como já abordado na seção 4.2.12, Howard e Björk (2008) apresentam uma definição que tem muita afinidade com as principais definições encontradas por esta pesquisa. Eastman (1999b), em seu

livro, apresenta *Building Product Model* como definição principal, mas existem trechos em que outros termos, similares aos que fazem parte desta pesquisa, como *Parametric Model*, são utilizados pelo autor

Com relação ao *alcance dos termos entre 2001 e 2008*, foi possível observar, na Tabela 6, que são 40 os países que têm ao menos uma citação para uma referência neste intervalo de tempo. A quantidade de países que tem entre 10 a 19 citações para seu conjunto de referências passa de 5, entre 1985 e 2001, para 8. Este grupo é composto por: Estados Unidos (USA), Reino Unido (GBR), Israel (ISR), Finlândia (FIN), Canadá (CAN), Austrália (AUS), Alemanha (DEU) e Hong Kong (HKG), conforme o Quadro 22. A partir destes resultados, foi possível considerar que as pesquisas relacionadas a este corpo de conhecimentos continuou a se expandir em relação ao período anterior. Foram nove os países que passaram a contribuir com referências citadas relacionadas à esta área. A presença de países asiáticos (ISR e HKG) e da Austrália, compondo o grupo que apresenta contribuição mais relevante, pode ser compreendida como um indício de que, entre 2001 a 2008, as pesquisas relevantes e relacionadas a este corpo de conhecimento passam a ser conduzidas, também, por organizações e pesquisadores que não participaram dos desenvolvimentos iniciais para a área.

Ao se observar a Figura 10, foi possível perceber que é a partir de 2004 que o número de referências que contém o termo *Building Information Model* para a crescer a taxas muito altas, em todos os anos, até 2008, último ano considerado para este intervalo de tempo. Ao se fazer a relação entre a análise desta figura com outras informações e resultados apresentados nesta pesquisa, foi possível considerar que o grande aumento no número de referências publicadas, para todo o corpo de conhecimento, neste período, pode ter origem a) na redução de custos de equipamentos (*hardware*), o que levou a um aumento considerável na produção de softwares, b) no amadurecimento dos modelos teóricos e das especificações técnicas sobre como realizar as descrições e relações de objetos, do ponto de vista computacional, c) no avanço da Internet e no barateamento das conexões à rede, o que pode ter colaborado para a ampliação do número de pesquisadores e outros agentes interessados nestas temáticas.

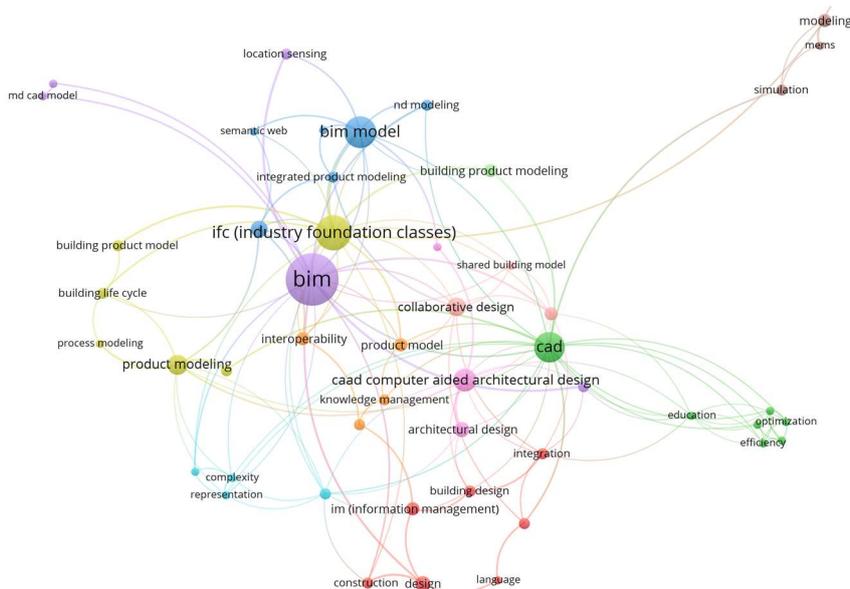
Este cenário parece ter sido propício para a disseminação do termo *Building Information Modeling*. A partir das compreensões construídas durante esta pesquisa, considerou-se que *Building Information Modeling* teria sido utilizado como parte de *Building Information Modeling Solutions* (BIMS), por Autodesk (AUTODESK, 2002); este termo se tornou a referência BIM na categoria sistemas para esta pesquisa. Laiserin (2002) teria extraído de BIMS (AUTODESK, 2002) o termo *Building Information Modeling*, atribuído a ele um significado que, à época, pode ter sido influenciado por Eastman (EASTMAN, 1974), Mitchell (MITCHELL, 1977), Nederveen (VAN NEDERVEEN; TOLMAN, 1992), entre outros. Além de atribuir um significado coerente e bem estruturado a *Building Information Modeling*, Laiserin (2002) também fez uso, pela primeira vez, do acrônimo BIM, e sugeriu à indústria que adotasse o termo por ele proposto, sua definição associada e o acrônimo. A popularidade do trabalho do arquiteto Jerry Laiserin, à época, um dos principais analistas e divulgadores do uso de tecnologias digitais aplicadas a projetos, contribuiu para que Autodesk e Bentley chegassem a um consenso sobre o uso do termo *Building Information Modeling* em suas comunicações (LAISERIN, 2002).

A Figura 69 exibe a rede que representa as **50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências entre 2001 e 2008**. A palavra-chave *bim* passa a existir e ser a principal para este intervalo de tempo: seu *cluster* inclui palavras como *architectural education* e *project planning*. Ao lado deste *cluster*, existe o grupo que tem a palavra *ifc* como a principal. Mais acima está o grupo que tem *bim model* como a principal palavra-chave. Os *clusters* que tem as palavras *bim*, *bim model* e *ifc* como principais parecem abrigar e expandir as palavras-chave do grupo *process modeling* do intervalo de tempo anterior, o que faz sentido. A palavra-chave *architecture* passa a ser a principal de um novo *cluster*, na parte inferior esquerda da figura. A palavra-chave *building design* continua sendo a principal de um *cluster*, e a palavra *design*, agora, aparece ligada a este *cluster*.

Não foi observado nenhum *cluster* orientado exclusivamente a modelagem de dados computacionais, como no intervalo anterior. Novos *clusters* surgem à volta do principal: um deles tem *interoperability* como palavra-chave principal e outro,

collaborative design. O cluster *computer-aided architectural design*, assim como o cluster *cad*, passa a ser localizado em uma área mais periférica da figura e conta com menos palavras-chave secundárias.

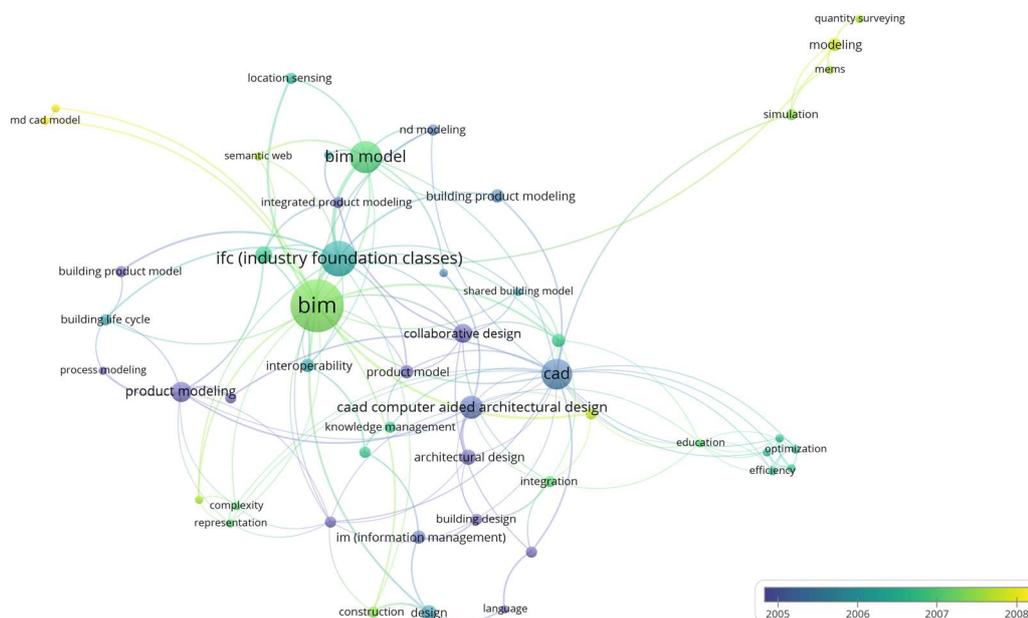
**Figura 69: Rede com as 50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências entre 2001 e 2008, por cluster**



**Fonte: O autor.**

A Figura 70 apresenta a rede com as 50 *palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências entre 2001 e 2008, colorizadas de acordo com o ano de co-ocorrência predominante para cada palavra-chave*. No intervalo de tempo considerado, destacam-se, entre as palavras-chave que tem predominância de uso até 2005: *cad*, *computer-aided architecture design*, *product modeling* e *collaborative design*. A palavra-chave *ifc* aparece com grande destaque por volta de 2006. Em meados de 2007, as palavras-chave *bim*, *bim model* e *ontology* (texto não-visível) são as mais destacadas. No final deste intervalo de tempo, as palavras-chave do cluster de *quantity surveying* aparecem com destaque, assim como as palavras *architectural education* (texto não-visível), *project planning* e *md cad model*.

**Figura 70: Rede com as 50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências entre 2001 e 2008, por ano**

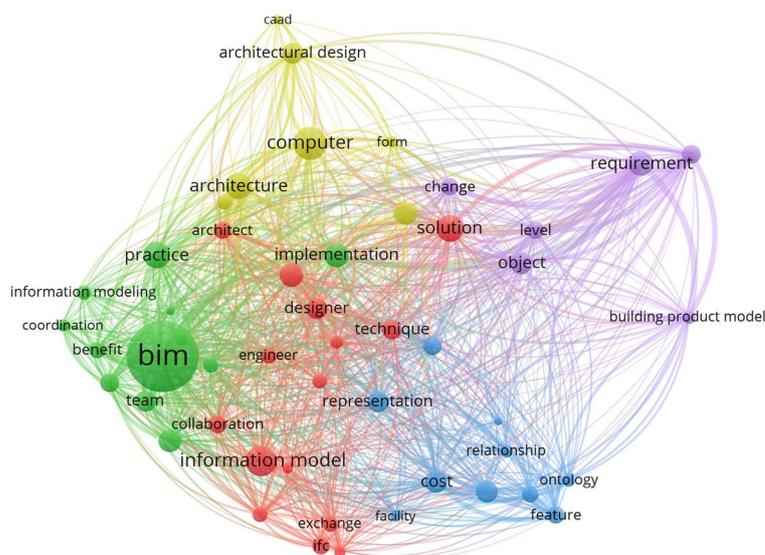


**Fonte: O autor.**

A Figura 71 apresenta as **50 palavras mais empregadas nos títulos e resumos entre 2001 e 2008**. Assim como no intervalo anterior, a ferramenta *VOSviewer* identificou 5 *clusters*. A palavra *bim* faz parte do *cluster* verde, que agrega palavras como *building information modeling, implementation, practice, team, benefit, construction industry e coordination*, entre outras. O *cluster* vermelho, que ocupa o meio e a parte inferior da figura, tem a maior parte palavras importantes centrais, já citadas, além de *information model, interoperability, exchange e ifc*, reunidas na parte inferior. O grupo azul, na parte inferior direita, contém as palavras *facility, cost, relationship, representation, component, feature* etc., e parece sugerir um grupo de temáticas relacionadas a usos de BIM para orçamento e operação. O *cluster* roxo tem as palavras *requirement e specification* (texto não-visível) como principais, além de *change, level, object e building product model*, e pode ser um indício de que este grupo sugere que exista um conjunto de trabalhos, nesta época, que orienta suas temáticas ao estudo de BIM para a coordenação de obras. O *cluster* amarelo tem as palavras *architecture, computer e architectural design* em destaque, acompanhado pelas palavras *caad, form e design process e role* (textos não-visíveis). Este grupo pode representar um conjunto de pesquisas relacionadas, nesta época, ao estudo de processos de projeto arquitetônico com o uso de computação, e está ligado aos *clusters* verde (*bim*),

vermelho (*cad*, *engineer* e *ifc*) e roxo (*requirement* e *specification*) e um pouco distante do *cluster* azul (*cost* e *facility*).

**Figura 71: Rede das 50 palavras mais empregadas nos títulos e resumos entre 2001 e 2008, por cluster**



**Fonte: O autor.**

A Figura 72 exibe a rede das 50 *palavras mais empregadas nos títulos e resumos entre 2001 e 2008, colorizadas de acordo com o ano de ocorrência predominante para cada palavra*. Dentro do intervalo considerado, as palavras de destaque no período mais antigo estão à direita, na figura, como *specification* (texto não-visível), *object*, *ontology*, *feature* e *product model*, que tiveram uso destacado até 2005. A maior parte das palavras com predominância entre meados de 2005 e 2006 está localizada no centro da figura, com exceção de *requirement*. Entre estas, podem ser destacadas: *architectural design*, *computer*, *technique*, *cost*, *architecture*, *facility*, *exchange* e *ifc*. A partir do segundo semestre de 2006, o destaque é maior para palavras do lado esquerdo da figura: *information modeling*, *information model*, *cad*, *coordination*, *benefit*, *team*, *building information modeling* e *construction industry*.



partir da análise dos dados dos Quadros 29 a 31, foi observado que 10 termos emergem dos títulos e resumos na faixa de referências que apresentam de 1 a 9 co-ocorrências, enquanto, para a mesma faixa relacionada a palavras-chave, foram encontrados 12 termos. O termo *Building Information Modeling* continua a ser encontrado em referências que estão na faixa de 80 a 159 co-ocorrências.

Os termos *Building Information Modeling* e *Building Product Model* aparecem nas palavras empregadas em títulos e resumos de referências que estão na faixa de 20 a 39 co-ocorrências, o que reforça a compreensão a respeito da relevância destes termos para a época, conforme os resultados do processo de identificação de referências mais antigas, citadas e co-citadas.

Os termos *Building Information Modeling* e *Computer-Aided Architectural Design* aparecem nas palavras-chave e nas palavras empregadas em títulos e resumos de referências que estão na faixa de 10 a 19 co-ocorrências. Isto pode ser um indício de que, à época, as referências mais importantes abordavam BIM e CAAD em suas pesquisas, mas não consideravam importante o uso dos termos nas palavras-chave.

As referências de menor impacto, por outro lado, começaram a apresentar a tendência de incluir os termos entre as palavras-chave, o que parece ser um indício de que esta seria uma estratégia desenvolvida para tentar atrair mais leitores para determinada referência. Desta forma, seria mais fácil encontrar a referência desejada em bancos de dados indexados por sistemas de busca, disponibilizados em CD-ROMs ou pela Internet (CLARIVATE, 2019; ELSEVIER, 2019). Foi observado que, para os termos encontrados em referências que estão na faixa entre uma e nove co-ocorrências, a variedade de termos em palavras-chave supera a variedade de termos nos títulos e resumos. Este padrão foi observado com menor intensidade no período anterior (1985 a 2000).

*No intervalo de tempo 2001-2008*, portanto, os termos relevantes são *Parametric Building Model*, (HAITHCOAT; SONG; HIPPLE, 2001), *Building Information Modeling* (HOWARD; BJÖRK, 2008) e *Building Product Model* (EASTMAN, 1999b). A partir da análise de todos os dados desta seção, foi formada a percepção de que, neste

intervalo de tempo, a evolução da tecnologia possibilitou que novos centros de pesquisa surgissem e se tornassem relevantes. Houve uma ampliação dos temas pesquisados, que passaram a alcançar praticamente todo o corpo de conhecimentos analisado nesta pesquisa.

Na mesma época, um determinado encadeamento de fatos originados por Autodesk (2002) e consolidados por Laiserin (2002), colocou o termo *Building Information Modeling* em evidência. A adoção do termo e do acrônimo BIM pela indústria foi refletida rapidamente pela academia, uma vez que os pesquisadores desta época tinham, à disposição, conexão à Internet em grande escala e equipamentos mais poderosos que seus pares de períodos anteriores.

O começo da popularização dos bancos de dados acadêmicos indexados por sistemas de busca (em mídias físicas ou na Internet) pode ter sido o incentivo para que houvesse um aumento na variedade de termos utilizados nas palavras-chave das pesquisas publicadas, assim como nas referências mais relevantes, padrão que teve início no período anterior (1985 a 2000), mas que foi intensificado nesta época (2001 a 2008).

#### 4.3.4 Entre 2009 a 2018

A *definição mais antiga* para todos os termos, entre 2009 e 2019, está em *IFC implementation in lifecycle costing* (FU et al., 2004), para *Building Information Modeling*. A *referência mais citada* foi encontrada em *Building Information Modeling (BIM) for existing buildings – Literature review and future needs* (VOLK; STENGEL; SCHULTMANN, 2014). A *referência mais co-citada* pelos autores que publicam neste intervalo de tempo, para quaisquer um dos termos, é *Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders* (SUCCAR, 2009a).

As três referências apresentam definições para o termo *Building Information Modeling* e todas apresentam significados associados à definição de Eastman et al. (2008, p. 13) de referência para este termo. Esta ocorrência pode ser um indício do grande

predomínio da utilização de *Building Information Modeling* pelos pesquisadores a partir de 2009. As compreensões a respeito dos significados atribuídos a BIM pelos autores destas referências foram apresentadas na seção 4.2.1.

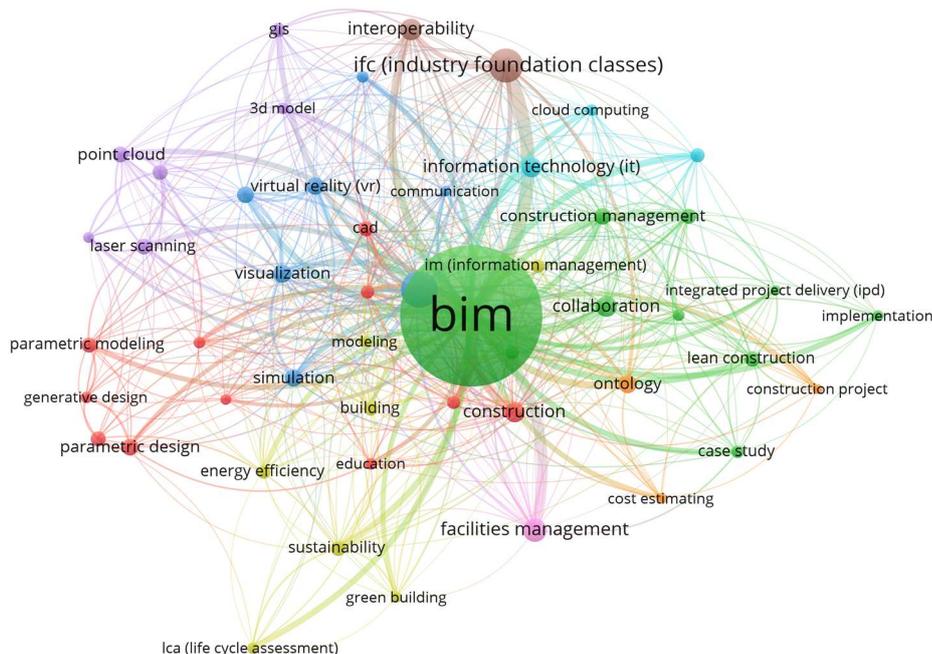
Com relação ao *alcance dos termos entre 2009 e 2018*, foi possível observar, na Tabela 6, que 88 países (46% do total) tem ao menos uma citação para uma referência neste intervalo de tempo. São 4 os países que reúnem 320 ou mais citações para seu conjunto de referências: Estados Unidos (USA), Reino Unido (GBR), Austrália (AUS) e Coreia do Sul (KOR), conforme o Quadro 22.

O número de países com pelo uma citação para uma referência passou de 40 para 88, e 51 países tem entre 10 e 19 citações para seu conjunto de referências. No intervalo de tempo entre 2001 a 2008, eram 8 os países nesta faixa de citações; no período compreendido entre 1985 e 2000, 5 países atingiram esta marca, que não foi atingida entre 1965 e 1984. A partir destes resultados, foi possível considerar que as pesquisas relacionadas a este corpo de conhecimentos continuou a se expandir de maneira considerável.

A Figura 73 apresenta a rede com as *50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências entre 2009 e 2018*, agrupadas por *cluster*. Neste intervalo de tempo, a rede apresenta-se bastante equilibrada, mesmo com a forte predominância da palavra-chave *bim*, localizada no centro da figura, com uma indicação de representatividade bem maior que as demais. Os *clusters*, para este intervalo, correspondem a áreas temáticas bastante distintas e claras: o grupo roxo apresenta as palavras-chave relacionadas à captura, registro e inserção de modelos, o grupo marrom reúne palavras-chave orientadas à interoperabilidade. O grupo azul claro contém palavras-chave ligadas à indústria de TI (tecnologia da informação) e o *cluster* azul escuro reúne as palavras-chave relacionadas à visualização de modelos. O grupo vermelho agrega, principalmente, as palavras-chave ligadas à automação, parametrização e otimização, mas há, também, a presença das palavras-chave *education*, *construction* e *architecture* neste *cluster*. O grupo amarelo reúne as palavras-chave que tem relação com a eficiência energética e sustentabilidade. O grupo cor-de-rosa apresenta a palavra-chave *facilities management*. O *cluster* marrom claro reúne os

termos *cost estimating*, *ontology* e *construction project*. O *cluster* verde, que inclui a palavra-chave *bim*, agrega palavras relacionadas à colaboração, gestão da construção, gestão da informação, integração, e termos próprios da área, como *integrated project delivery*, *lean construction*, e *virtual design and construction* (não visível).

**Figura 73: Rede 50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências entre 2009 e 2018, por cluster**

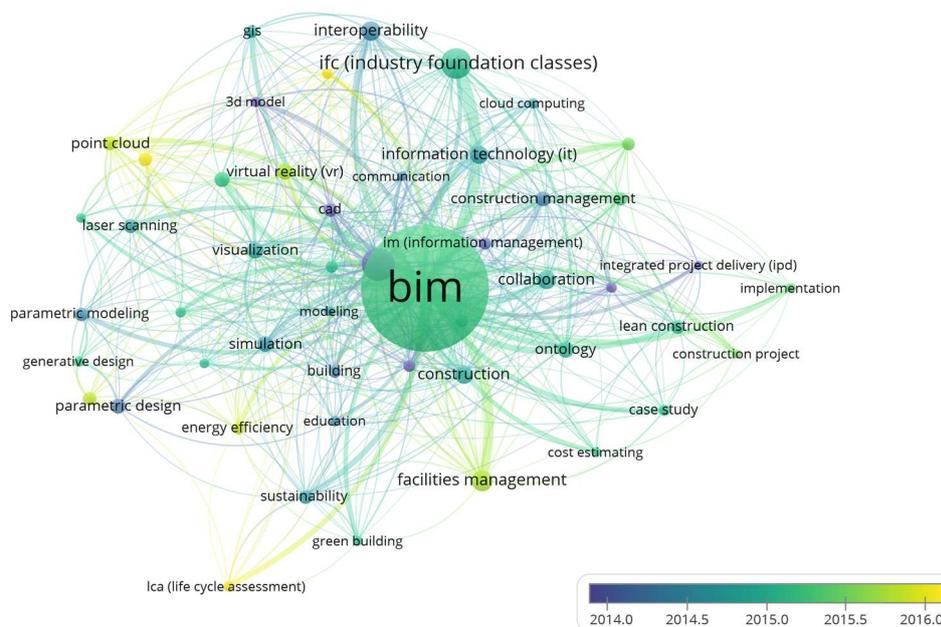


**Fonte: O autor.**

A Figura 74 apresenta a rede de 50 *palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências entre 2009 e 2018, colorizadas de acordo com o ano de co-ocorrência predominante*. Entre as palavras-chave que tem predominância de uso até 2014, estão *cad*, *parametric design*, *bim model* (não visível), *information management*, *virtual design and construction*, *integrated project delivery*, *3d model*, entre outras. A palavra-chave *bim* tem destaque entre o começo e a metade de 2015, assim como as palavras *green building*, *generative design*, *augmented reality*, *architecture*, *ifc*, *virtual reality*, *construction industry*, *project management*, entre outras. A maior parte das palavras-chave tem predominância de seu uso nesta época, para este intervalo de tempo. As palavras-chave com destaque mais recente, e que podem ser interpretadas como tendências, tem predominância de uso apontada em 2016, e são: *hbim* (*historical bim*, texto não

visível), *internet of things* (texto não visível), *lca* (life cycle assessment), *energy efficiency*, *facilities management* e *digital fabrication*.

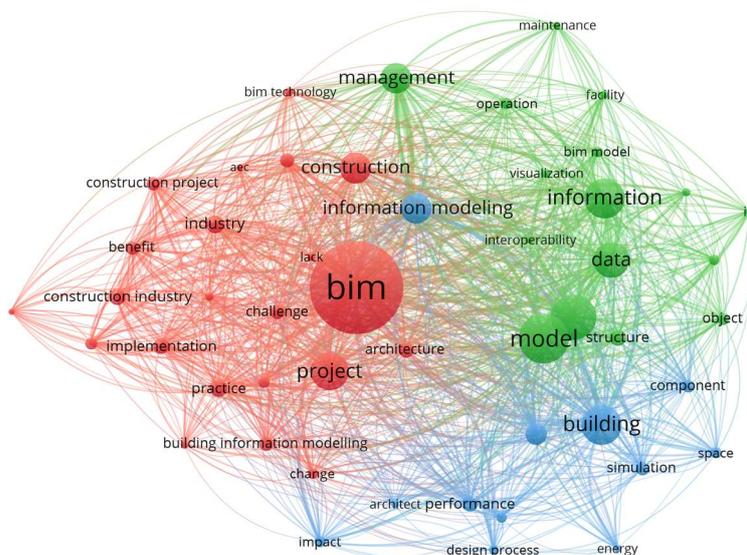
**Figura 74: Rede das 50 palavras-chave mais utilizadas pelos autores nas referências entre 2009 e 2018, por ano**



**Fonte: O autor.**

A Figura 75 apresenta as 50 *palavras mais empregadas nos títulos e resumos entre 2009 e 2018*. A ferramenta *VOSviewer* identificou 3 *clusters*. O maior *cluster* é o vermelho, que contém a palavra *bim*, que está posicionada quase no centro da figura. Outras palavras expressivas no *cluster* vermelho são *construction*, *project*, *industry*, *architecture*, *challenge*, *practice*, *implementation* e *building information modelling* (neste caso, com dois eles). O grupo verde tem as palavras *model*, *information*, *data* e *management* como principais, e outras importantes palavras fazem parte do grupo: *maintenance*, *operation*, *facility*, *interoperability*, *ifc*, *structure*, *bim model* e *building information model*, entre outras. O *cluster* azul tem a palavra *building* como a de maior destaque, e é acompanhada de *performance*, *architect*, *simulation*, *space*, *component*, *energy*, *impact*, *design process*, *environment* (texto não-visível).

**Figura 75: Rede 50 palavras mais empregadas nos títulos e resumos entre 2001 e 2008, por cluster**



**Fonte: O autor.**

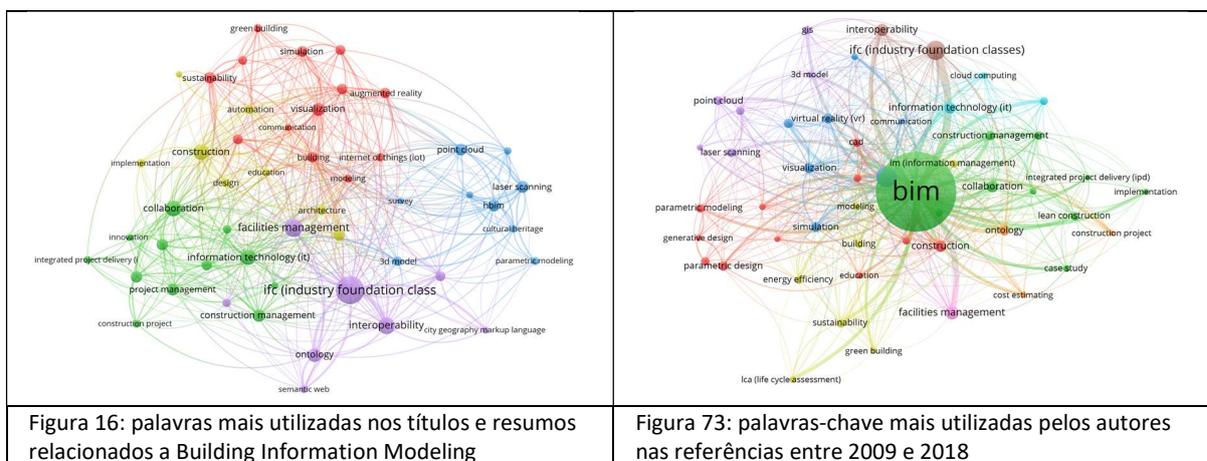
A Figura 76 exibe as 50 palavras mais empregadas nos títulos e resumos entre 2001 e 2008, colorizadas de acordo com o ano de ocorrência predominante para cada uma. Dentro do intervalo considerado, as palavras de destaque até meados de 2014 estão localizadas no lado direito da figura: *model*, *facility*, *building information*, *object*, *design process*, *space* e *component*. A maior parte das palavras destacadas tem sua ocorrência relevante na virada de 2014 para 2015, como *information*, *information modeling*, *construction*, *project* e *industry*, entre outros. Ao final e depois do período assinalado pelo VOSviewer como 2015.2 (meados de março de 2015), as palavras importantes são *data*, *building*, *bim model*, *management*, *construction project*, *lack*, *challenge*, *bim implementation*, *adoption*, *energy*, *building information modelling* e *stakeholder*.



campo AECO. Esta observação trouxe a compreensão de que, nestas áreas temáticas, podem existir pesquisas importantes que poderiam ser associadas, ou relacionadas, a *Building Information Modeling*, mas não fazem menção ao termo ou acrônimo. Desta forma, um pesquisador interessado nestes conhecimentos provavelmente encontrará menos pesquisas qualificadas, em suas buscas em bases de dados indexadas, se restringir os resultados a *Building Information Modeling*.

A partir da observação das figuras, considerou-se razoável afirmar que, embora algumas áreas relacionadas ao corpo de conhecimento pesquisado não utilizem BIM em seus conteúdos e palavras-chave, o termo *Building Information Modeling* está a caminho de ser o identificador de todas as áreas de pesquisa relacionadas ao setor AECO, como afirmam Kassem e Succar (2015, p. 64). Para facilitar a comparação, as figuras foram agrupadas no Quadro 36.

**Quadro 36: Comparativo entre a amostra de palavras-chave relacionadas a BIM e a amostra para todos os termos entre 2009 e 2018.**



**Fonte: O autor.**

Com relação às *palavras em títulos e resumos*, foi observado um grande espaço entre *clusters* na Figura 75, o que pode indicar uma certa distância entre os temáticas abordadas pelas pesquisas que compõem a amostra. Existiria, portanto, uma diferença entre o modo como os pesquisadores elaboram suas palavras-chave e o modo como articulam o desenvolvimento dos trabalhos.

Ao analisar os *clusters* de forma independente, observou-se que os trabalhos de representados pelo grupo vermelho (*bim*) fazem uso frequente do termo *Building*

*Information Modeling* e do acrônimo BIM, e discutem temáticas relacionadas ao processo de implementação, desafios da indústria, benefícios, práticas, à questão das mudanças, à adoção de BIM etc. Foi observado que, entre as palavras que emergiram, está *building information modeling*. A partir destas análises, considerou-se possível afirmar que as palavras do grupo vermelho apresentam um indício de que o postulado I esteja correto, dentro das premissas aplicadas nesta pesquisa.

O *cluster* verde aparenta ter reunido as palavras que representam trabalhos que estão relacionados a técnicas computacionais de modelagem e análise dos dados armazenados ou gerados a partir dos modelos. Foi observado que a palavra *building information model* emergiu neste grupo. A partir destas análises, considerou-se possível afirmar que as palavras do grupo verde apresentam um indício de que o postulado II esteja correto, dentro das premissas aplicadas nesta pesquisa.

O grupo azul se distancia um pouco dos demais, exceto pela palavra *information model*, que funciona como um conector importante entre todos os *clusters*. A palavra principal deste *cluster* é *building*, e outras palavras do grupo sugerem trabalhos relacionados ao processo de projeto, sustentabilidade e performance. Nenhum termo relacionado a BIM foi identificado neste *cluster*; isto foi interpretado como indício de que este grupo reúne trabalhos que fazem parte do corpo de conhecimento relacionado ao setor AECO, mas que podem não ter um alinhamento direto com BIM. Foi observado que dois termos poderiam ser relacionados a estas palavras, na ausência da relação entre BIM e elas, sob a perspectiva do discurso latente dos pesquisadores, como registrado: *Computer-Aided Architectural Design (architect performance e design process)* e *Virtual Design and Construction (simulation, performance, component e impact)*.

Com relação às palavras destacadas ao longo do tempo (Figura 76), percebeu-se a predominância de palavras relevantes com destaque recente no *cluster* vermelho. As palavras do lado direito da figura foram identificadas como tendo destaque no começo do período avaliado pelo *VOSviewer*. Neste lado, predominam os *clusters* azul e verde. Isto pode ser um indicativo de que as pesquisas com mais destaque, relacionadas ao setor AECO, estão migrando de temáticas ligadas a técnicas

computacionais, modelagem de dados, sustentabilidade e performance para temas relacionados a processos, implementação e adoção de BIM.

A seguir é apresentada a *análise comparativa entre a quantidade de termos encontrados nas palavras-chave e a quantidade encontrada em título e resumos*. Foi observado que 11 termos emergem dos títulos e resumos na faixa de referências que apresentam de 1 a 9 co-ocorrências, enquanto, para a mesma faixa relacionada a palavras-chave, apenas 7 termos foram encontrados. O termo *Building Information Modeling* passa a ser encontrado em referências que ultrapassam 160 co-ocorrências. *Virtual Design and Construction* foi encontrado em referências na faixa entre 80 a 159 co-ocorrências, o que pode ser entendido como um indício forte de sua relevância.

Os termos *Computer-Aided Architectural Design*, *Integrated Design Model* e *Integrated Product Model* aparecem faixa de 20 a 39 co-ocorrências, e podem ser considerados com termos de média relevância, entre os que compõem a amostra desta pesquisa, para este intervalo de tempo. Observou-se que o termo *Building Product Model* não figurou entre os termos destacados neste intervalo de tempo, ao contrário do que ocorreu entre 2001 e 2008, quando foi o segundo termo mais relevante.

Foi observado que o termo *Building Information Modeling* apareceu nas palavras-chave e nas palavras empregadas em títulos e resumos para todas as faixas de co-ocorrências. Este fato, associado à constatação de houve uma diminuição na variedade de termos utilizados como palavras-chave, de 2001 a 2008 para 2009 a 2018 (de 12 para 7 termos), podem indicar que os pesquisadores acreditam ser interessante incluir *Building Information Modeling* entre as palavras-chave, para que seus trabalhos possam ser mais facilmente encontrados em bases indexadas por sistemas de busca, o que inibiria o uso de mais termos, dada a convencional limitação de uso de palavras-chave para a identificação de trabalhos.

No *intervalo de tempo 2009-2018*, o termo que predomina é *Building Information Modeling*, identificado nas três referências encontradas de acordo com o protocolo estabelecido para esta pesquisa (FU et al., 2004; SUCCAR, 2009a; VOLK; STENGEL; SCHULTMANN, 2014). A partir da análise de todos os dados desta seção para este

intervalo de tempo, foi consolidada a percepção de que a evolução da tecnologia possibilitou que o termo *Building Information Modeling* tenha atingido um alcance global, sendo utilizado para representar quase todas as áreas do conhecimento relacionadas ao setor AECO. O uso da palavra-chave *Building Information Modeling* pelos pesquisadores parece ter contribuído para a diminuição da relevância de vários termos, como *Building Product Model*, *Design Data Model*, *Integrated Building Model*, *Automated Building Design*, entre outros. Outros termos, como *Computer-Aided Architectural Design* e *Virtual Design and Construction*, continuam sendo utilizados por uma quantidade pequena, porém, relevante, de pesquisadores. O levantamento sobre palavras-chave e palavras empregadas nos títulos e resumos indicou que a maior parte das temáticas que estão fora dos clusters diretamente relacionados a BIM podem ter associação com CAAD e VDC.

## 5 CONCLUSÃO

Para realizar este trabalho, foram pesquisadas informações em 16506 referências provenientes de 5 bases de dados, relacionadas aos termos *Building Information Modeling*, *Building Information Model*, o acrônimo BIM e mais doze termos e acrônimos relacionados. Da amostra bruta, 7452 referências foram utilizadas para o estudo sobre a evolução dos termos no tempo. A amostra que deu origem às 57 leituras das referências mais antigas, citadas e co-citadas<sup>18</sup> tem 5399 registros. Para o estudo sobre a evolução do corpo de conhecimentos no tempo, foram utilizadas 5263 referências. Acredita-se que esta seja uma amostra representativa de quase todos os artigos científicos publicados em periódicos de língua inglesa, entre 1964 e 2018, orientado ao corpo de conhecimentos relacionados às tecnologias digitais para o setor AECO.

A partir da investigação realizada, foi possível confirmar o pressuposto A, que afirmava que a origem do termo *Building Information Modeling* está relacionada a termos precursores que tem significados semelhantes. Com relação ao pressuposto B, foi encontrada uma definição contemporânea a *Building Information Modeling (Virtual Design and Construction)*, e não foram encontrados termos posteriores. O pressuposto C, que indicava a necessidade de se criar um sistema de categorização, com o propósito de agrupar termos e definições para interpretá-los e identificar tendências, também foi confirmada.

Os *postulados A e B*, que correspondem aos dois grupos de compreensões utilizados para estruturar o levantamento sobre as definições contemporâneas e históricas de referência, ao serem confrontadas com os resultados, produzidos de acordo com o

---

<sup>18</sup> Foram lidas 57 referências para esta RSL. Esta foi a segunda revisão realizada. Na primeira revisão, produzida no início da pesquisa, e que deu origem a Gaspar e Ruschel (2017), foram lidas 154 referências.

protocolo estabelecido pela RSL, *foram considerados válidos* dentro do escopo desta pesquisa.

Além dos grupos de compreensões (ou categorias) de significados relacionados a **modelos** (postulado I) e **processos** (postulado II), outro grupo emergiu ao longo da investigação, alusivo ao entendimento de que existem definições atribuídas ao termo *Building Information Modeling* que fazem referência a **sistemas** computacionais (postulado III) que dão suporte à modelagem, atribuindo a estas, portanto, um viés essencialmente tecnológico. Este grupo de compreensões foi utilizado junto aos demais, de acordo com o protocolo da RSL, e considerado *válido* dentro do escopo desta pesquisa.

Desta forma, foi consolidado o entendimento de que são **três os grupos de compreensões** necessários para categorizar, ou seja, “identificar, contextualizar e relacionar os diferentes significados atribuídos a *Building Information Modeling* ao longo do tempo”, conforme o disposto na p. 29 deste trabalho: **modelos, processos e sistemas**.

Com relação ao *termos precursores, contemporâneos ou subsequentes* ao termo *Building Information Modeling* de referência para este critério (FU et al., 2004), conforme a Figura 7 e o Quadro 34, foi observado que, à exceção de *Virtual Design and Construction* (2004), todos os termos podem ser considerados como precursores de *Building Information Modeling*.

As Tabelas 7 e 8 exibem a quantidade de referências que apresentam os termos pesquisados ao longo dos anos (em valores absolutos e comparados proporcionalmente) e foram as principais fonte de informação para a realização da análise sobre a *frequência de uso dos termos*. A partir da observação dos dados destas tabelas, e realizando associações com outras, além de quadros e compreensões, foi possível considerar que *Building Information Modeling*, *Computer-Aided Architectural Design* e *Virtual Design and Construction* poderiam ser classificados como termos em atividade com representatividade relevante, como apresentado no Quadro 32. Foi observado que o termo *Building Information Modeling* é utilizado,

proporcionalmente, em quantidade muito maior de pesquisas que outros termos. Ao mesmo tempo, existe crescimento da produção relacionada a CAAD e VDC em números absolutos, e este fato os qualifica para serem classificados como termos em atividade, por esta pesquisa.

Os termos *Design Data Model* e *Integrated Design Model* foram classificados como em atividade com pequena representatividade. O volume de referências por período se mostra pequeno e estável, o que justifica tal classificação, no âmbito desta pesquisa.

Os termos *Building Design System*, *Building Description System*, *Integrated Building Model*, *Building Product Model*, *Integrated Product Model*, *Computer-Aided Building Design*, *Automated Building Design* e *Parametric Building Model* podem ser considerados como atualmente em desuso, pois não foram registradas frequências de utilização em quantidade significativa nos últimos intervalos de tempo considerados para esta pesquisa, conforme as Tabelas 7 e 8.

Foi observado que entre os termos precursores *Building Description System* e *Computer-Aided Building Design* apresentam forte relação de semelhança com a definição BIM de referência para processos (EASTMAN et al., 2008, p. 13). Desta forma, as definições atribuídas a estes podem apresentar importante contribuição para pesquisadores que buscam realizar compreensões sobre *Building Information Modeling* a partir do viés delineado pelo postulado I, que relaciona BIM a processos de modo abrangente e conectado a todo o ciclo de vida do empreendimento.

Os termos *Building Design System*, *Building Product Model*, *Parametric Building Model* e *Virtual Design and Construction* tem suas definições associadas ao significado BIM de referência para modelos, de NIBS (2017, p. 21). Assim, tais definições e as referências onde foram encontradas, podem auxiliar pesquisadores a realizarem compreensões sobre *Building Information Model* a partir do viés apresentado pelo postulado II, que relaciona BIM à atividade de modelagem com a finalidade de dar suporte a um uso BIM específico.

Entre os termos que surgiram com significados semelhantes à definição BIM de referência para sistema (AUTODESK, 2002), *Computer-Aided Architectural Design* apresentou evolução divergente, ou seja, o significado predominante atribuído ao termo se afastou do significado associado a seu termo de referência. A definição para CAAD, ao longo do tempo, passou a estar relacionada ao design computacional, fabricação digital e outros processos e tecnologias, que tem uma parte integrada a *Building Information Modeling* e outra, separada, como explicitado na observação realizada a partir da análise sintética para o conjunto de resultados relacionados a CAAD, na p. 119 deste trabalho. A definição relacionada ao termo *Building Description System*, por sua vez, evoluiu dentro do escopo das definições BIM de referência, de sistemas, para modelos e processos. O significado atribuído à *Computer-Aided Building Design* evoluiu para abranger o equivalente às três definições BIM de referência. A definição para *Integrated Design Model* se manteve associada a sistemas, assim como o significado atribuído a *Integrated Building Model*.

O termo *Automated Building Design* apresentou uma situação diferente de todas: o significado atribuído a ABD deixou de se referir a um sistema que trata de todas as questões relacionadas a um sistema BIM na definição de Autodesk (2002) para ter seu significado atribuído a uma parte deste sistema. A evolução se deu, portanto, para uma área temática dentro da mesma categoria.

O termo *Parametric Building Model* foi o único que apresentou evolução convergente, ou seja, sua definição contemporânea se aproximou de uma das definições BIM de referência; neste caso, a definição relacionada a modelos (NIBS, 2007, p. 21).

O termo *Integrated Product Model* foi o único que, ao surgir, apresentava significado orientado exclusivamente a modelos<sup>19</sup>, e apresentou evolução divergente, e passou a ter seu significado atribuído, de forma predominante, à processos e tecnologias relacionadas à Engenharia de Manufatura.

---

<sup>19</sup> Exceto os termos *Building Information Model* e *Building Information Modeling*, que tem as suas conclusões apresentadas em outra parte desta seção.

O significado atribuído ao termo *Design Data Model* foi relacionado a sistemas (AUTODESK, 2012) e modelos (NIBS, 2007, p. 21). Ao longo do tempo, foi observada uma evolução divergente, em relação às definições BIM de referência, do significado atribuído à DDM, que passou a ser associado, de forma predominante, à área da Tecnologia da Informação.

O termo *Virtual Design and Construction* teve seu significado atribuído, originalmente, a um determinado escopo (coordenação 3D, planejamento do canteiro de obras e planejamento da construção) relacionado aos termos BIM de referência para modelos (NIBS, 2007, p. 21) e processos (EASTMAN et al., 2008, p. 13). Com o passar do tempo, foi observada uma evolução dentro da mesma área temática: foi o único que apresentou evolução convergente, ou seja, sua definição contemporânea se aproximou da definição de referência para modelos (NIBS, 2007, p. 21), se afastando das demais.

Os termos *Building Description System* e *Building Product Model*, quando surgiram, apresentavam associações em seus significados com os três termos BIM de referência, relacionados a sistemas (AUTODESK, 2002), modelos (NIBS, 2007, p. 21) e processos (EASTMAN et al., 2008, p. 13). As definições mais citadas para estes termos apresentaram uma evolução dentro do escopo das definições: nos dois casos, os novos significados atribuídos perderam a relação com processos, mantendo sua associação com sistemas e modelos.

Foi observado que, dentro das investigações conduzidas nesta pesquisa, o termo *Building Description System* traz a descrição mais antiga que tem associação com todos os termos BIM de referência (AUTODESK; 2002, NIBS; 2007; p. 21; EASTMAN et al.; 2008; p. 13).

Sobre o alcance dos termos, *Parametric Building Model*, *Integrated Building Model*, *Automated Building Design* e *Building Description System* foram considerados, por esta pesquisa, como termos de baixo alcance. No máximo 10 países possuem ao menos uma citação para seu conjunto de referências, para cada um dos termos. Os termos *Virtual Design and Construction*, *Integrated Design Model*, *Building Design System*,

*Design Data Model*, *Building Product Model*, *Integrated Building Model* e *Computer-Aided Building Design* foram classificados como apresentando médio alcance. De 11 a 20 países possuem ao menos uma citação para seu conjunto de referências. *Building Information Modeling* e *Computer-Aided Architectural Design* foram classificados como termos de grande alcance. Mais de 21 países possuem ao menos uma citação para seu conjunto de referências.

A definição atribuída ao termo *Fully integrated and automated project process* (FIAPP), proposto por Griffis e Sturts (2000) em uma pesquisa realizada pelo *Construction Industry Institute*, vinculado à *The University of Texas at Austin*, nos Estados Unidos, guarda grande semelhança de significado com *Virtual Design and Construction*, que iria emergir, no contexto desta pesquisa, quatro anos depois.

Foi identificada uma relação entre o termo *Integrated Product Model* e a área das ciências conhecida como *Knowledge-Based Engineering* (KBE), ou Engenharia Baseada em Conhecimento. Depois de uma rápida investigação, verificou-se que existem pesquisas que fazem a conexão entre BIM, Engenharia Baseada em Conhecimento (KBE) e Gestão do Conhecimento (*Knowledge Management*, KM).

Durante a etapa de leitura das referências mais antigas, mais citadas e co-citadas e que não haviam sido detectados no levantamento preliminar, foram **encontrados 8 termos**, diferentes dos 13 pesquisados e dos outros termos testados na etapa de obtenção dos termos de referência, relacionados a BIM. Os termos *Computer-Aided Building* (MITCHELL, 1977), *Fully Integrated and Automated Project Process* (GRIFFIS; STURTS, 2000) tem relação com os três termos BIM de referência: sistemas (AUTODESK, 2002), modelos (NIBS, 2007, p. 21) e processos (EASTMAN et al., 2008, p. 13). Os termos *Computer Modelling of Buildings* (GALLE, 1995) e *Integrated Building Design Environment*, (FENVES et al., 1990) apresentam significados que tem associação com o termo BIM de referência para sistemas, por Autodesk (2002). O significado atribuído ao termo *General AEC reference model* (GIELINGH, 1988) pode ser associado ao termo BIM de referência para modelos (NIBS, 2007, p. 21). Os termos *Intelligent Integrated Building Design System* (AUGENBROE, 1992), *Product Model and the 4th Dimensional* (KAM; FISCHER, 2004) e *Product, Organization, and Process* (KAM;

FISCHER, 2004) podem ter os significados associados às definições de NIBS (2007, p. 21), para modelos, e Eastman et al. (2008, p. 13), para processos.

Foi constatado que todas as definições propostas para *Building Information Model*, de 1989 a 2014, são semelhantes, o que indica consenso entre pesquisadores a respeito do significado atribuído ao termo, relacionado à produção de modelos para realizar análises sob a ótica das etapas do ciclo de vida de um empreendimento (NIBS, 2007, p. 21). Com relação a *Building Information Modeling*, foi constatada uma tendência por mudança na evolução do significado predominantemente atribuído ao termo (LAISERIN, 2002; FU et al., 2004; EASTMAN et al., 2008; SUCCAR, 2009a; SUCCAR; KASSEM, 2015), se deslocando do eixo temático tecnológico na direção de temáticas relacionadas a processos e gestão de todas as atividades que estruturam o setor da construção civil.

Identificou-se um significado latente a ser atribuído a BIM do ponto de vista dos pesquisadores: a de que BIM poderia ser usado para definir soluções arquitetônicas e de engenharia que tem por objetivo produzir dados de qualidade para que um projeto tenha excelente performance, ou seja, *o termo Building Information Modeling pode ser usado para dar significado ao processo de produção de dados para projetos de alta performance*. Este significado proposto para *Building Information Modeling* reúne, no conteúdo de sua sentença, as palavras que emergiram dos títulos e resumos das referências que integraram a amostra analisada, como pode ser verificado na Figura 16 e no Quadro 33 desta pesquisa.

*Os termos relevantes entre 1965 e 1984* são *Computer-Aided Architectural Design* (EASTMAN, 1974) e *Building Description System* (EASTMAN, 1976; MITCHELL, 1977). Nesta época, as pesquisas estavam orientadas a compreender as potencialidades da computação aplicada a projetos. Questões relacionadas ao desempenho dos equipamentos e ao seu alto custo, assim como a precária infraestrutura de telecomunicações, poderiam representar barreiras para o desenvolvimento dos trabalhos. Estes podem ser os principais motivos para o desconhecimento, por grande parte dos pesquisadores, acerca de existência das

teorias que deram origem aos termos e definições relacionadas a *Building Information Modeling*, criadas há cerca de 45 anos.

*Building Description System* (MITCHELL, 1986), *Integrated Building Model* (BJÖRK, 1989) e *General AEC reference model* (GARM), por Gielingh (1988) foram identificados como **termos relevantes entre 1985 e 2000**. As pesquisas passaram a se concentrar na formulação de modelos teóricos e especificações técnicas computacionais de caráter integrador, como o STEP, para dar viabilidade às proposições apresentadas por pesquisas anteriores. A quantidade de termos que adquiriram notoriedade aumentou muito, e este fato pode ter relação com o aumento da produção científica em diversos países e, naturalmente, diferentes instituições, proporcionado pelo avanço tecnológico de equipamentos e de infraestrutura de telecomunicações.

**Os termos relevantes entre 2001-2008** são *Parametric Building Model* (HAITHCOAT; SONG; HIPPLE, 2001), *Building Information Modeling* (HOWARD; BJÖRK, 2008) e *Building Product Model* (EASTMAN, 1999b). A evolução da tecnologia possibilitou que novos centros de pesquisa surgissem e se tornassem relevantes. Houve uma ampliação dos temas pesquisados, que passaram a alcançar praticamente todo o corpo de conhecimentos analisado nesta pesquisa. Na mesma época, um determinado encadeamento de fatos pode ter colaborado para colocar o termo *Building Information Modeling* em evidência. A adoção do acrônimo BIM, de 2004 em diante, pela academia, pode estar relacionada ao fato de que os pesquisadores, a partir deste período, passam a dispor de conexão à Internet em grande escala e recursos de tecnologia da informação e comunicação melhores que seus pares de períodos anteriores (SLATER III, 2002; GLOBALSTATS, 2019). A popularização dos bancos de dados indexados por sistemas de busca (PROQUEST, 2008; CLARIVATE, 2019; ELSEVIER, 2019) pode ter sido o incentivo para o aumento na variedade de termos utilizados nas palavras-chave das pesquisas publicadas e nas referências mais relevantes.

**O termo relevante entre 2009-2018** é *Building Information Modeling* (FU et al., 2004; SUCCAR, 2009a; VOLK; STENGEL; SCHULTMANN, 2014). A análise dos resultados obtidos permitiu consolidar a percepção de que a evolução da tecnologia possibilitou

que o termo *Building Information Modeling* tenha atingido alcance global, se tornando o representante de quase todas as áreas do conhecimento para o setor AECO, para a amostra deste estudo. O uso da palavra-chave *Building Information Modeling* pelos pesquisadores parece ter contribuído para a diminuição da relevância de vários termos. Mesmo com o destaque do termo *Building Information Modeling* neste período, *Computer-Aided Architectural Design* e *Virtual Design and Construction* são utilizados por uma quantidade pequena de pesquisadores, com produção relevante.

Após a reflexão sobre as considerações e ponderações realizadas e apontadas acima, acredita-se ser razoável afirmar que o uso isolado do termo *Building Information Modeling*, em mecanismos de busca (ou apenas acompanhado de *Building Information Model*, ou BIM), por pesquisadores interessados nas temáticas relacionadas às tecnologias digitais para o setor da AECO, faz com que estes sistemas retornem resultados de trabalhos realizados a partir do meados dos anos 2000. Este seria o motivo que explica ser comum que as revisões bibliográficas, como as investigadas para compor a seção 2.2 da Fundamentação Teórica, apresentem um corpo de trabalhos avaliados que tem este período como sendo o inicial. Ao realizar uma pesquisa considerando apenas o termo *Building Information Modeling* e variações imediatas, como *Model*, *Modelling* etc., os resultados devolvidos pelos sistemas de busca provavelmente não apresentarão os trabalhos dos pesquisadores que participaram do desenvolvimento das teorias e especificações técnicas utilizadas hoje, publicadas entre 1975 e o final do século XX. Portanto, é grande a chance destas pesquisas não serem encontradas, o que pode dar origem a interpretações diversas sobre conceitos fundamentais relacionados às tecnologias digitais aplicadas ao setor da AECO.

Outra consequência provável da realização de pesquisas restritas pela palavra-chave *Building Information Modeling*, de acordo com os resultados obtidos por esta pesquisa, pode ser o retorno de menos referências do que o poderia ser alcançado, em áreas relacionadas à *design process*, *simulation* e *lean construction*, entre outras.

Desta forma, observadas as considerações acima, concluiu-se que faz sentido propor que os 13 termos utilizados como referência para esta pesquisa sejam representantes

do corpo de conhecimentos relacionado ao setor da AECO para outros pesquisadores. À medida em que as tecnologias, processos e políticas se renovem ao longo do tempo, dando origem a novas metodologias, outros termos relacionados a tecnologias digitais aplicadas ao setor da AECO podem surgir. Ainda que isto ocorra, e ainda que algum termo no futuro ocupe o lugar do termo *Building Information Modeling* como o mais citado, co-citado, o mais utilizado em palavras-chave ou em títulos, resumos e nos conteúdos, acredita-se correto propor que esta lista de termos não diminua, sob pena de serem desconsideradas, em buscas por meio de bases indexadas ou qualquer outro sistema que venha a ser criado, um enorme número de pesquisas fundamentais, antigas ou atuais.

Dentre as limitações da pesquisa, foi possível observar que outros critérios poderiam ser utilizados para refinar a atribuição de significado aos termos, mapear a evolução e delinear o relacionamento entre eles. Acredita-se que investigações sobre a influência das organizações e dos pesquisadores estariam entre os critérios adequados para o refinamento das análises. Outra limitação encontrada foi a dificuldade de acesso a algumas publicações, porque são bloqueadas, mesmo para acesso acadêmico, ou porque são muito antigas, não havendo versões eletrônicas publicadas para consulta.

Como sugestão para futuros trabalhos, este modelo de análise poderia ser utilizado para avaliar pesquisas em outras línguas, como português. Novas rodadas de avaliação poderiam ser conduzidas em outro momento no tempo, como forma de verificar se existiram alterações quanto ao significado atribuído a *Building Information Modeling*, ou se surgiram novos termos, acrônimos e definições relacionadas a tecnologias digitais para o mercado AECO. Novas avaliações poderiam ser conduzidas para testar os oito termos identificados durante esta pesquisa. Diferentes técnicas de análise de dados poderiam ser utilizadas para extrair resultados a partir das informações disponibilizadas pelas bases, com o propósito de se obter amostras com características diversas das obtidas nesta pesquisa, e que poderiam dar origem a outras discussões e considerações a respeito do significado atribuído a BIM ao longo do tempo.

## REFERÊNCIAS

ABRAHAMSON, S., et al. Integrated design in a service marketplace. **Computer-Aided Design**, v. 32, n. 2, p. 97-107, 2000.

ACRONYM FINDER. **What does BIM stand for?** Disponível em: Acesso em: 05/06/2019.

AISH, R. 3D input for CAAD systems. **Computer-Aided Design**, v. 11, n. 2, p. 66-70, 1979.

ALMARSHAD, A.; MOTAWA, I. BIM-based knowledge management for building maintenance. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE-BEIRUT, LEBANON, 2012* **Proceedings[...]**, p. ARAI, E.; IWATA, K. Product design logic for an intelligent product modelling system. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 4, n. 3-4, p. 499-510, 1988.

ARAYICI, Y. Towards building information modelling for existing structures. **Structural Survey**, v. 26, n. 3, p. 210-222, 2008.

AUGENBROE, G. Integrated building performance evaluation in the early design stages. **Building and Environment**, v. 27, n. 2, p. 149-161, 1992.

AUTODESK. **Building Information Modeling**: secondary title. San Rafael: Autodesk, 2002, 7 p.

AZHAR, S., et al. Building information modeling for sustainable design and LEED® rating analysis. **Automation in Construction**, v. 20, n. 2, p. 217-224, 2011.

AZHAR, S. Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. **Leadership and management in engineering**, v. 11, n. 3, p. 241-252, 2011.

BASTIAN, M.; HEYMANN, S.; JACOMY, M. Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks. *In: THIRD INTERNATIONAL AAAI CONFERENCE ON WEBLOGS AND SOCIAL MEDIA, 2009* **Proceedings[...]**, p.

BAXTER, D., et al. An engineering design knowledge reuse methodology using process modelling. **Research in Engineering Design**, v. 18, n. 1, p. 37-48, 2007.

BERGIN, M. S. History of BIM. **Architecture Research Lab**, San Francisco, CA, 2012a. Disponível em: <<http://www.architectureresearchlab.com/ar/2011/08/21/bim-history/>>. Acesso em: 11 nov. 2017.

BERGIN, M. S. **A Brief History of BIM**. Disponível em: <http://www.styleofdesign.com/architecture/a-brief-history-of-bim-michael-s-bergin/>. Acesso em: 7 dez. 2012.

BERNSTEIN, H., et al. **The business value of BIM for construction in major global markets**. Bedford: McGraw Hill Financial, 64 p.

BIM DICTIONARY. Building Information Modelling (BIM). **BIM Dictionary**, 2019a. Disponível em: <<https://bimdictionary.com/en/building-information-modelling/1/>>. Acesso em: 2 mar. 2019.

BIM DICTIONARY. BIModel. **BIM Dictionary**, 2019b. Disponível em: <<https://bimdictionary.com/en/bimodel/1/>>. Acesso em: 2 mar. 2019.

BJÖRK, B.-C. Basic structure of a proposed building product model. **Computer-Aided Design**, v. 21, n. 2, p. 71-78, 1989.

BJÖRK, B.-C. RATAS, a longitudinal case study of an early construction IT roadmap project. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, v. 14, n. 25, p. 385-399, 2009.

BONEV, M., et al. Formal computer-aided product family architecture design for mass customization. **Computers in Industry**, v. 74, n., p. 58-70, 2015.

BORGATTI, S. P., et al. Network Analysis in the Social Sciences. **Science**, v. 323, n. 5916, p. 892-895, 2009.

BOZDOC, M. **The History of CAD**. Disponível em: <http://mbinfo.mbdesign.net/CAD-History.htm>. Acesso em:

BRACEWELL, R. H.; AHMED, S.; WALLACE, K. M. DRed and design folders: a way of capturing, storing and passing on knowledge generated during design projects. *In: ASME 2004 INTERNATIONAL DESIGN ENGINEERING TECHNICAL CONFERENCES AND COMPUTERS AND INFORMATION IN ENGINEERING CONFERENCE, 2004* **Proceedings[...]** American Society of Mechanical Engineers, p. 235-246.

BRACEWELL ROB, H., et al. Extending design rationale to capture an integrated design information space. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN, 16., 2007, Paris. Proceedings[...]* Glasgow: The Design Society, 28-31 Ago. 2007, p. 85-86.

BRAUKHANE, A.; QUANTIUS, D. Interactions in space systems design within a Concurrent Engineering facility. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COLLABORATION TECHNOLOGIES AND SYSTEMS, 2011, Philadelphia. Proceedings[...]* IEEE, p. 381-388.

BRISAUD, D.; TICHKIEWITCH, S. Innovation and manufacturability analysis in an integrated design context. **Computers in Industry**, v. 43, n. 2, p. 111-121, 2000.

BRUNETTI, G.; GOLOB, B. A feature-based approach towards an integrated product model including conceptual design information. **Computer-Aided Design**, v. 32, n. 14, p. 877-887, 2000.

BUONOMANO, A., et al. Innovative technologies for NZEBs: An energy and economic analysis tool and a case study of a non-residential building for the Mediterranean climate. **Energy and Buildings**, v. 121, n., p. 318-343, 2016.

CARRAR, G.; KALAY, Y. E. **Knowledge-based computer-aided architectural design**: Elsevier Science Inc., 1994

- CEROVSEK, T. A review and outlook for a 'Building Information Model'(BIM): A multi-standpoint framework for technological development. **Advanced Engineering Informatics**, v. 25, n. 2, p. 224-244, 2011.
- CERUZZI, P. E. **A history of modern computing**: MIT Press, 2003
- CHEN, C. **CiteSpace: a practical guide for mapping scientific literature**: Nova Science Publishers, Incorporated, 2016
- CIC-PSU. **Building Information Modeling Project Execution Planning Guide**. University Park: The Pennsylvania State University, 2011, 134 p.
- CIC-PSU. **BIM Planning Guide for Facility Owners**. University Park: The Pennsylvania State University, 2011, 79 p.
- CLARIVATE. **Who we are and why we got here: a quick history of Web of Knowledge**. Disponível em: <http://wokinfo.com/about/whoweare/>. Acesso em: 2019, 12th Jun.
- CLARKE, J. A.; MAC RANDAL, D. An intelligent front-end for computer-aided building design. **Artificial Intelligence in Engineering**, v. 6, n. 1, p. 36-45, 1991.
- DE SOLLA PRICE, D.; GÜRSEY, S. Studies in Scientometrics I Transience and continuance in scientific authorship. **Ciência da Informação**, v. 4, n. 1, p., 1975.
- DESSLOCH, S., et al. KRISYS: KBMS support for better CAD systems. *In*: PROCEEDINGS. SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE ON DATA AND KNOWLEDGE SYSTEMS FOR MANUFACTURING AND ENGINEERING, 1989**Proceedings**[...] IEEE, p. 172-182.
- DEY, D.; SARKAR, S. A probabilistic relational model and algebra. **ACM Trans. Database Syst.**, v. 21, n. 3, p. 339-369, 1996.
- DING, L. Y., et al. Construction risk knowledge management in BIM using ontology and semantic web technology. **Safety Science**, v. 87, n., p. 202-213, 2016.
- DUBOIS, A.-M. Data modeling for multi-actors design purpose. *In*: VTT SYMP, TECHNICAL RESEARCH CENT OF FINLAND, ESPOO 15,(FINL), 1990, 118, 1990**Proceedings**[...], p. 39-48.
- EASTMAN, C. Through the looking glass: why no wonderland. **Computer-Aided Design**, v. 6, n. 3, p. 119-124, 1974.
- EASTMAN, C. **Spatial Synthesis in Computer-Aided Building Design**: Elsevier Science Inc., 1975
- EASTMAN, C.; LIVIDINI, J.; STOKER, D. A database for designing large physical systems. *In*: PROCEEDINGS OF THE MAY 19-22, 1975, NATIONAL COMPUTER CONFERENCE AND EXPOSITION, 1975**Proceedings**[...] ACM, p. 603-611.
- EASTMAN, C. General purpose building description systems. **Computer-Aided Design**, v. 8, n. 1, p. 17-26, 1976.

EASTMAN, C. Prototype integrated building model. **Computer-Aided Design**, v. 12, n. 3, p. 115-119, 1980.

EASTMAN, C. **BUILDING PRODUCT MODELS**: CRC Press, 1999a. 424 p.

EASTMAN, C. **Building Product Models: Computer Environments Supporting Design and Construction**: CRC Press, Inc., 1999b

EASTMAN, C.; SACKS, R.; LEE, G. Development of a Knowledge-Rich CAD System for American Precast Concrete Industry. **Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA), Muncie, Indiana**, v., n., p., 2003.

EASTMAN, C., et al. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2008. 504 p.

EASTMAN, C. **What is BIM?** Disponível em:

<https://web.archive.org/web/20071213151104/http://bim.arch.gatech.edu/?id=402>. Acesso em:

EASTMAN, C., et al. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**: Wiley, 2011. 14 p.

EGGHE, L.; ROUSSEAU, R. Conferences, journals, a society: scientometrics and informetrics come of age. v., n., p., 1995.

ELLIS, M.; MATHEWS, E. Needs and trends in building and HVAC system design tools. **Building and Environment**, v. 37, n. 5, p. 461-470, 2002.

ELSEVIER. **History**. Disponível em: <https://www.elsevier.com/about/history>. Acesso em: Jun, 12th.

ELVIN, G. **Integrated practice in architecture: mastering design-build, fast-track, and building information modeling**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2007

ENGELBART, D. C. **Augmenting human intellect: A conceptual framework**. Menlo Park: Stanford Research Institute, Out. 1962, 144 p.

ENGELBART, D. C. **Augmenting human intellect: a conceptual framework (1962)**. Packer, Randall and JORDAN, Ken. **Multimedia. From Wagner to Virtual Reality**. New York: WW Norton & Company, v., n., p. 64-90, 2001.

FAZIO, P.; BEDARD, C.; GOWRI, K. Knowledge-Based System Development Tools for Processing Design Specifications. **Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering**, v. 3, n. 4, p. 333-344, 1988.

FAZIO, P.; BEDARD, C.; GOWRI, K. Knowledge-based system approach to building envelope design. **Computer-Aided Design**, v. 21, n. 8, p. 519-527, 1989.

FENVES, S. J., et al. **Introduction to sase: Standards analysis, synthesis, and expression**, 1987

FENVES, S. J., et al. Integrated software environment for building design and construction. **Computer-Aided Design**, v. 22, n. 1, p. 27-36, 1990.

FERREIRA, F. R.; LAROCCA, A. P. C.; CINTRA, J. P. Segmentação do espaço urbano por meio de dados LiDAR aerotransportado. v., n., p., 2015.

FLAGER, F., et al. Multidisciplinary process integration and design optimization of a classroom building. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 14, n. 14, p. 595-612, 2009.

FOISSEAU, J.; VALETTE, F. A computer aided design data model: FLOREAL. **File Structures and Data Bases for CAD**, v., n., p. 315-334, 1982.

FOISSEAU, J.; VALETTE, F. R. COMPUTER AIDED DESIGN DATA MODEL: FLOREAL. *In*: IFIP WG 5. 2 WORKING CONFERENCE ON CAD SYSTEMS FRAMEWORK, 1., 1982, Roros. **Proceedings[...]** Amsterdam: North-Holland, 1983, p. 315-334.

FORWOOD, B. The Development of a Computer-Aided Building Environment and Services Simulation Model. **Architectural Science Review**, v. 15, n. 4, p. 77-85, 1972.

FU, C., et al. IFC implementation in lifecycle costing. **Journal of Harbin Institute of Technology(New Series)**, v. 11, n. 4, p. 437-441, 2004.

FUHR, N., et al. A probabilistic relational algebra for the integration of information retrieval and database systems. **ACM Trans. Inf. Syst.**, v. 15, n. 1, p. 32-66, 1997.

GALLE, P. Towards integrated,“intelligent”, and compliant computer modeling of buildings. **Automation in Construction**, v. 4, n. 3, p. 189-211, 1995.

GARFIELD, E. From bibliographic coupling to co-citation analysis via algorithmic historio-bibliography. **speech delivered at Drexel University, Philadelphia, PA**, v., n., p., 2001.

GARRETT JR, J.; BASTEN, J.; BRESLIN, J. **An object-oriented environment for representing building design and construction data**. ILLINOIS UNIV AT URBANA ADVANCED CONSTRUCTION TECHNOLOGY CENTER, 35 p.

GASPAR, J. A. D. M.; RUSCHEL, R. C. A evolução do significado atribuído ao acrônimo BIM: uma perspectiva no tempo. *In*: CONGRESO INTERNACIONAL DE LA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, 21., 2017, Concepción. **Proceedings[...]** São Paulo: Blucher, p. 423-430.

GIBSON JR, G.; KACZMAROWSKI, J.; LORE JR, H. Preproject-planning process for capital facilities. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 121, n. 3, p. 312-318, 1995.

GIELINGH, W. General AEC reference model (GARM). **ISO TC184/SC4**, v., n., p., 1988.

GLOBALSTATS. **Desktop vs Mobile vs Tablet Market Share Worldwide**: secondary title: StatCounter, 2019.

GRASON, J. A dual linear graph representation for space-filling location problems of the floor plan type. **Emerging methods in environmental design and planning**, v., n., p., 1970.

GRIFFIS, F.; STURTS, C. S. FIAPP and the three-dimensional computer model. *In*: CONSTRUCTION CONGRESS VI: BUILDING TOGETHER FOR A BETTER TOMORROW IN AN INCREASINGLY COMPLEX WORLD, 2000 **Proceedings[...]**, p. 996-1000.

GRILO, A.; JARDIM-GONCALVES, R. Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments. **Automation in Construction**, v. 19, n. 5, p. 522-530, 2010.

GU, N.; LONDON, K. Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry. **Automation in Construction**, v. 19, n. 8, p. 988-999, 2010.

HAITHCOAT, T. L.; SONG, W.; HIPPLE, J. D. Building footprint extraction and 3-D reconstruction from LIDAR data. *In*: IEEE/ISPRS JOINT WORKSHOP ON REMOTE SENSING AND DATA FUSION OVER URBAN AREAS (CAT. NO. 01EX482), 2001 **Proceedings[...]** IEEE, p. 74-78.

HALASZ, F. G. Reflections on NoteCards: seven issues for the next generation of hypermedia systems. **ACM J. Comput. Doc.**, v. 25, n. 3, p. 71-87, 2001.

HAYMAKER, J., et al. Perspectives: composable, reusable reasoning modules to construct an engineering view from other engineering views. **Advanced Engineering Informatics**, v. 18, n. 1, p. 49-67, 2004.

HE, Q., et al. Mapping the managerial areas of Building Information Modeling (BIM) using scientometric analysis. **International journal of project management**, v. 35, n. 4, p. 670-685, 2017.

HISRICH, R. D.; VECSENYI, J. **Graphisoft: The entry of a Hungarian software venture into the US market**. Chicago: McGraw Hill, 1996 (Cases in International Entrepreneurship).

HOSSEINI, M. R., et al. Analysis of Citation Networks in Building Information Modeling Research. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 144, n. 8, p. 04018064, 2018.

HOWARD, R.; BJÖRK, B.-C. Building information modelling – Experts' views on standardisation and industry deployment. **Advanced Engineering Informatics**, v. 22, n. 2, p. 271-280, 2008.

HUEBEL, C.; RULAND, D.; SIEPMANN, E. On modeling integrated design environments. *In*: EUROPEAN DESIGN AUTOMATION CONFERENCE, 2., 1992, Hamburg. **Proceedings[...]** Los Alamitos: IEEE, 1992, p. 452-458.

HUMPHREY, W. S. Characterizing the software process: a maturity framework. **IEEE Software**, v. 5, n. 2, p. 73-79, 1988.

IBRAHIM, M.; KRAWCZYK, R.; SCHIPPORIET, G. CAD smart objects: potentials and limitations. **Education and Research in Computer Aided Architecture Design in Europe ECAADe**, v. 21, n., p. 547-552, 2003.

IBRAHIM, M.; KRAWCZYK, R. The level of knowledge of CAD objects within the building information model. *In: ASSOCIATION FOR COMPUTER-AIDED DESIGN IN ARCHITECTURE 2003 CONFERENCE, 2003Proceedings[...]*, p. 172-177.

ISO, I. O. F. S. **Building Information Models - Information Delivery Manual**. Geneva, Switzerland, 2016. 29 p.

IWATA, K.; ARAI, E. Development of integrated modelling system for CAD/CAM of machine product. **Proceedings of PROLAMAT82**, v., n., p. 1-10, 1982.

JAN, S.-H.; HO, S.-P.; TSERNG, H.-P. Applications of building information modeling (BIM) in knowledge sharing and management in construction. **International Journal of Civil, Structural, Construction and Architectural Engineering**, v. 7, n. 11, p., 2013.

JOHNSON, R. E.; LAEPPLE, E. S. **Digital innovation and organizational change in design practice**: CRS Center, Texas A & M University, 2003

KAM, C.; FISCHER, M. Capitalizing on early project decision-making opportunities to improve facility design, construction, and life-cycle performance—POP, PM4D, and decision dashboard approaches. **Automation in Construction**, v. 13, n. 1, p. 53-65, 2004.

KHANZODE, A.; FISCHER, M.; REED, D. Benefits and lessons learned of implementing building virtual design and construction (VDC) technologies for coordination of mechanical, electrical, and plumbing (MEP) systems on a large healthcare project. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, v. 13, n. 22, p. 324-342, 2008.

KHEMLANI, L. **Autodesk Revit 6**. Disponível em: Acesso em:  
KHEMLANI, L. **SketchUp 4.0**. Product Review. Disponível em: Acesso em: Jun, 16th.

KHEMLANI, L. What's in a Name? The BIM Acronym. **AECbytes Newsletter**, v. 5, n., p., 2004c.

KITCHENHAM, B. **Procedures for performing systematic reviews**. Staffordshire: Keele University; National ICT Australia Ltd., Jul. 2004, 1-26 p.

KOLAREVIC, B. Digital production. **Branko Kolarevic, "Architecture in the Digital Age—Design and Manufacturing"**, Taylor & Francis, New York, v., n., p. 31-51, 2003.

KOSTUR, P. Issues in information modeling. *In: IEEE INTERNATIONAL PROFESSIONAL COMMUNICATION CONFERENCE, 2003. IPCC 2003. PROCEEDINGS., 2003Proceedings[...]*, 21-24 Sept. 2003, p. 5 pp.

KREIDER, R. G.; MESSNER, J. I. **The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses**. University Park: The Pennsylvania State University, 23 p.

LAISERIN, J. **Comparing Pommés and Naranjas**. Disponível em: <http://www.laiserin.com/features/issue15/feature01.php>. Acesso em: Dec. 21, 2017.

LAKSHMANAN, L. V., et al. Probview: A flexible probabilistic database system. **ACM Transactions on Database Systems (TODS)**, v. 22, n. 3, p. 419-469, 1997.

LEE, G.; SACKS, R.; EASTMAN, C. Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system. **Automation in Construction**, v. 15, n. 6, p. 758-776, 2006.

LEE, J.-K., et al. Development of space database for automated building design review systems. **Automation in Construction**, v. 24, n., p. 203-212, 2012.

LESNIAK, Z. K.; GRODZKI, Z.; WINIARSKI, M. S. Optimisation of industrialised building systems. **Building Science**, v. 10, n. 3, p. 169-175, 1975.

LEVIN, P. H. Use of graphs to decide the optimum layout of buildings. **The Architects' Journal**, v. 7, n., p. 809-815, 1964.

LEVY JR, M. J. Book Review: The Logic of Social Systems: A Unified, Deductive, System-based Approach to Social Science. **American Journal of Sociology**, v. 81, n. 3, p. 656-661, 1975.

LEW, P.; BROWN, P. H. Evaluation and Modification of CRAFT for an Architectural Methodology. **Emerging Methods in Planning and Design**, v., n., p. 155-161, 1970.

LI, H., et al. Module partition process model and method of integrated service product. **Computers in Industry**, v. 63, n. 4, p. 298-308, 2012.

LI, L.; LIU, J. An efficient and flexible web services-based multidisciplinary design optimisation framework for complex engineering systems. **Enterprise Information Systems**, v. 6, n. 3, p. 345-371, 2012.

MACFADDEN, C. **A Chronological History of Social Media**. Disponível em: <https://interestingengineering.com/a-chronological-history-of-social-media>. Acesso em: Jun, 12.

MACIAS-CHAPULA, C. A. The role of informetrics and scientometrics in the national and international perspective. **Ciência da Informação**, v. 27, n. 2, p. nd-nd, 1998.

MALEK, S. **CAD/BIM Timeline**. Disponível em: <https://www.facebook.com/CadTimeline/>. Acesso em: Jun. 06, 2019.

MARKUS, T. The role of building performance, measurement and appraisal in design method. **Architects Journal**, v. 146, n. 25, p., 1967.

MATUSIAK, A.; MORZY, M. Social network analysis in scientometrics. *In: 2012 EIGHTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SIGNAL IMAGE TECHNOLOGY AND INTERNET BASED SYSTEMS, 2012Proceedings[...]* IEEE, p. 692-699.

MAVER, T. W. A theory of architectural design in which the role of the computer is identified. **Building Science**, v. 4, n. 4, p. 199-207, 1970.

MAYER, H. Automatic object extraction from aerial imagery—a survey focusing on buildings. **Computer vision and image understanding**, v. 74, n. 2, p. 138-149, 1999.

MCGRATH, W. What bibliometricians, scientometricians and informetricians study; a typology for definition and classification; topics for discussion. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIBLIOMETRICS, SCIENTOMETRICS AND INFORMETRICS, 1989Proceedings[...]* The University of Western Ontario Ontario, p.

MCMAHON, C.; LOWE, A.; CULLEY, S. Knowledge management in engineering design: personalization and codification. **Journal of Engineering Design**, v. 15, n. 4, p. 307-325, 2004.

MERRELL, P.; SCHKUFZA, E.; KOLTUN, V. Computer-generated residential building layouts. **ACM Trans. Graph.**, v. 29, n. 6, p. 1-12, 2010.

MITCHELL, W. J. **Computer-aided architectural design**. New York: Mason Charter, 1977. 573 p.

MITCHELL, W. J. Formal Representations: A Foundation for Computer-Aided Architectural Design. **Environment and Planning B: Planning and design**, v. 13, n. 2, p. 133-162, 1986.

MOSENG, B.; NES, B. H. Integration of CAD/CAM as seen from the production planners point of view. **Computers in Industry**, v. 5, n. 4, p. 341-350, 1984.

NAVARRO, G.; BAEZA-YATES, R. Proximal nodes: a model to query document databases by contents and structure. v., n., p.

NGUYEN, T.-H.; OLOUFA, A. A.; NASSAR, K. Algorithms for automated deduction of topological information. **Automation in Construction**, v. 14, n. 1, p. 59-70, 2005.

NIBS, N. I. O. B. S. (NIBS). **United States national building information modeling standard version 1**. Washington, D.C., 2007. 183 p.

OSAREH, F. Bibliometrics, citation analysis and co-citation analysis: A review of literature I. **Libri**, v. 46, n. 3, p. 149-158, 1996.

PENTTILÄ, H. Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 11, n. 29, p. 395-408, 2006.

PERKOWSKI, J. C. Technical trends in the E&C business: the next 10 years. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 114, n. 4, p. 565-576, 1988.

POPOV, V., et al. The use of a virtual building design and construction model for developing an effective project concept in 5D environment. **Automation in Construction**, v. 19, n. 3, p. 357-367, 2010.

POPP, J., et al. Social Network Analysis of Scientific Articles Published by Food Policy. **Sustainability**, v. 10, n. 3, p. 577, 2018.

PRICE, D. D. S. A general theory of bibliometric and other cumulative advantage processes. **Journal of the American Society for information Science**, v. 27, n. 5, p. 292-306, 1976.

PRICE, D. J. D. S. **Little Science, Big Science**, 1963

PROQUEST. **ProQuest Signs Agreement To Acquire Dialog Business From Thomson Reuters**. Disponível em: <https://www.proquest.com/about/news/2008/PROQUEST-SIGNS-AGREEMENT-TO-ACQUIRE-DIALOG-BUSINESS-FROM-THOMSON-REUTERS.html>. Acesso em: 2019, 12th Jun.

RIVARD, H.; FENVES, S. J.; GOMEZ, N. An Information Model for Multiple Views of Buildings. *In: MODELING OF BUILDINGS THROUGH THEIR LIFE-CYCLE; PROC., CIB W78/TG10 WORKSHOP, CIB PUBL, 1995* **Proceedings[...]**, p. 248-259.

RIVARD, H.; FENVES, S. J.; GOMEZ, N. **An information model for the preliminary design of buildings**. Pittsburgh, PA: Carnegie Mellon University, November, 14th, 1995, 57 p.

SACKS, R.; EASTMAN, C.; LEE, G. Parametric 3D modeling in building construction with examples from precast concrete. **Automation in Construction**, v. 13, n. 3, p. 291-312, 2004.

SANTOS, R.; COSTA, A. A.; GRILO, A. Bibliometric analysis and review of Building Information Modelling literature published between 2005 and 2015. **Automation in Construction**, v. 80, n., p. 118-136, 2017.

SCHWARZ, A.; BERRY, D. M.; SHAVIV, E. On the use of the automated building design system. **Computer-Aided Design**, v. 26, n. 10, p. 747-762, 1994.

SEAVEY, S. R.; RAVEN, P. H. Chromosomal differentiation and the sources of the South American species of *Epilobium* (Onagraceae). **Journal of Biogeography**, v. 4, n. 1, p. 55-59, 1977.

SINGH, V.; GU, N.; WANG, X. A theoretical framework of a BIM-based multi-disciplinary collaboration platform. **Automation in Construction**, v. 20, n. 2, p. 134-144, 2011.

SLATER III, W. F. Internet history and growth. In: (Ed.). **Chicago Chapter of the Internet Society**, 2002.

SMALL, H. Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents. **Journal of the American Society for information Science**, v. 24, n. 4, p. 265-269, 1973.

SPINAK, E. Indicadores cienciométricos. **Ciência da Informação**, v. 27, n. 2, p., 1998.

STAHL, F. I., et al. Expressing standards for computer-aided building design. **Computer-Aided Design**, v. 15, n. 6, p. 329-334, 1983.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009a.

SUCCAR, B. Building information modelling maturity matrix. **Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies**, IGI Global, v., n., p. 65-103, 2009b.

SUCCAR, B. Building information modelling maturity matrix. In: (Ed.). **Handbook of research on building information modeling and construction informatics: Concepts and technologies**: IGI Global, 2010. p.65-103.

SUCCAR, B. Building Information Modelling: conceptual constructs and performance improvement tools. **School of Architecture and Built Environment Faculty of Engineering and Built Environment, University of Newcastle: Newcastle**, v., n., p., 2013.

SUCCAR, B.; KASSEM, M. Macro-BIM adoption: Conceptual structures. **Automation in Construction**, v. 57, n., p. 64-79, 2015.

SUCCAR, B.; SALEEB, N.; SHER, W. Model uses: foundations for modular requirements clarification language. *In: AUSTRALASIAN UNIVERSITIES BUILDING EDUCATION ASSOCIATION CONFERENCE*, 40., 2016, Cairns. **Proceedings[...]** North Rockhampton: Central Queensland University, p. 45-57.

SUCCAR, B. Model Use (MU). **BIM Dictionary**, Melbourne, 2019. Disponível em: <<https://bimdictionary.com/en/model-use/1/>>. Acesso em: 10 Fev. 2019.

SWARTS, R., et al. **Origins of Revit**: secondary title. Knoxville: Autodesk, 2004, 4 p.

TAMMIK, J. The Genesis of Revit and its API. **The Building Coder**, 2012. Disponível em: <<http://thebuildingcoder.typepad.com/blog/2012/01/the-genesis-of-revit-and-its-api.html>>. Acesso em: 04/15/15

THAM, K. W.; LEE, H. S.; GERO, J. S. Building Envelope Design Using Design Prototypes. 1990**Proceedings[...]**, p.

THOMPSON, B. G. J. Training and learning during the introduction of an interactive computer-aided building design system into government design offices. In: Arthur, P. (Ed.). **CADCAM in Education and Training: Proceedings of the CAD ED 83 Conference**Boston, MA: Springer US, 1984. p.208-221.

UNDERWOOD, J. **Handbook of research on building information modeling and construction informatics: Concepts and technologies: Concepts and technologies**: IGI Global, 2009

VAN ECK, N.; WALTMAN, L. VOS: A New Method for Visualizing Similarities Between Objects. 2007, Berlin, Heidelberg. **Proceedings[...]** Springer Berlin Heidelberg, p. 299-306.

VAN ECK, N.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, n. 2, p. 523-538, 2009.

VAN NEDERVEEN, G.; TOLMAN, F. Modelling multiple views on buildings. **Automation in Construction**, v. 1, n. 3, p. 215-224, 1992.

VANTI, N. A. P. From bibliometry to webometry: a conceptual exploration of several forms of measuring information and knowledge. **Ciência da Informação**, v. 31, n. 2, p. 369-379, 2002.

VOLK, R.; STENGEL, J.; SCHULTMANN, F. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs. **Automation in Construction**, v. 38, n., p. 109-127, 2014.

WALKER, J. **The Autodesk file: bits of history, words of experience**: New Riders Pub., 1994

WEBER, W. A. Mnemonic three-letter acronyms for the families of vascular plants: a device for more effective herbarium curation. **Taxon**, v. 31, n. 1, p. 74-88, 1982.

WILSON, A. J.; L BRITCH, A.; TEMPLEMAN, A. B. The Optimal Design of Drainage Systems. **Engineering Optimization**, v. 1, n. 2, p. 111-123, 1974.

WILSON, C. S. Informetrics. **Annual Review of Information Science and Technology (ARIST)**, v. 34, n., p. 107-247, 1999.

WÖLKL, S.; SHEA, K. A computational product model for conceptual design using sysml. *In*: INTERNATIONAL DESIGN ENGINEERING TECHNICAL CONFERENCE & COMPUTERS AND INFORMATION IN ENGINEERING CONFERENCE, 29., 2009, San Diego. **Proceedings[...]** New York: American Society of Mechanical Engineers, 2010, p. 635-645.

XIONG, X., et al. Automatic creation of semantically rich 3D building models from laser scanner data. **Automation in Construction**, v. 31, n., p. 325-337, 2013.

YALCINKAYA, M.; SINGH, V. Patterns and trends in Building Information Modeling (BIM) research: A Latent Semantic Analysis. **Automation in Construction**, v. 59, n., p. 68-80, 2015.

ZHA, X. F.; DU, H. Knowledge-intensive collaborative design modeling and support: part I: Review, distributed models and framework. **Computers in Industry**, v. 57, n. 1, p. 39-55, 2006.

ZHANG, S., et al. Building information modeling (BIM) and safety: Automatic safety checking of construction models and schedules. **Automation in Construction**, v. 29, n., p. 183-195, 2013.

ZHAO, X. A scientometric review of global BIM research: Analysis and visualization. **Automation in Construction**, v. 80, n., p. 37-47, 2017.