

ANÁLISE ESTATÍSTICA DO ESTADO DE IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM NO SETOR DA CONSTRUÇÃO EM PORTUGAL

PEDRO MANUEL PAIVA CARVALHO

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

Orientador: Professor Doutor João Pedro da Silva Poças Martins

Coorientadora: Professora Doutora Isabel Maria Noronha de Resende Horta
e Costa

JANEIRO DE 2016

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2015/2016

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2015/2016 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2016.*

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

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

A meus Pais

A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Foi essencial o apoio de todos aqueles que diretamente ou indiretamente deram o seu contributo para a realização desta dissertação. Gostaria de expressar a minha gratidão para com todos.

Ao Professor Doutor João Pedro da Silva Poças Martins, pela oportunidade de trabalhar neste tema, pela sua disponibilidade, pelos seus conselhos e por me bem conduzir ao longo desta etapa.

À Professora Doutora Isabel Maria Noronha de Resende Horta e Costa, pela sua disponibilidade, pelos conhecimentos transmitidos e por todo auxílio prestado na realização deste estudo.

Aos meus amigos e colegas de curso, por me acompanharem durante todo este percurso de formação.

Aos meus amigos de infância pela amizade e companheirismo.

À minha família e aos meus irmãos, por todo o apoio e carinho demonstrado, por serem um suporte sempre que preciso.

Aos meus pais, pelos valores transmitidos na minha formação enquanto pessoa, por me ajudarem a ultrapassar todas as dificuldades e pelos sacrifícios que me permitiram completar a minha formação académica.

RESUMO

Este documento pretende avaliar o nível de implementação da metodologia BIM em Portugal. Pretende-se que esta dissertação contribua para um planeamento estratégico da implementação da tecnologia em Portugal. Ao longo deste estudo são referidas quais as vantagens da utilização da tecnologia BIM que são privilegiadas pelos intervenientes do setor da AEC e os aspetos que estes consideram ser mais importantes para o crescimento da adoção à metodologia.

Esta dissertação é uma extensão do estudo de Venâncio (Venâncio 2015), um inquérito colocado a diversos intervenientes do setor da construção com a finalidade de avaliar o estado de implementação da metodologia BIM em Portugal.

O corrente estudo tinha como objetivo determinar quais as vantagens e aspetos considerados mais importantes para uma maior adoção e crescimento da implementação da metodologia BIM em Portugal que as empresas inquiridas acreditam que sejam mais importantes e validar estatisticamente as conclusões retiradas das respostas ao inquérito para que possam servir de base ao planeamento de uma estratégia nacional de implementação da metodologia BIM.

Foram realizados três testes estatísticos, o coeficiente de correlação de Spearman, que permite quantificar o grau de associação entre duas variáveis, o teste de Friedman, que permite verificar se uma das vantagens se destaca das restantes e o teste LSD de Fisher, que permite a comparação múltipla das amostras emparelhadas e assim validar estatisticamente a conclusão que uma vantagem é mais relevante que outras para os respondentes.

A análise estatística incidiu nas respostas dadas pelos grupos das câmaras municipais e dos gabinetes de projeto. O motivo do estudo das respostas destes dois grupos é por se tratarem das amostras de maior dimensão, permitindo uma análise mais sólida e consistente e por se acreditar que são os grupos mais preponderantes para a implementação de medidas no sentido de promover uma maior adoção de BIM no país.

O grupo dos gabinetes de projeto é onde a implementação de BIM seria mais fácil por conseguirem extrair maiores benefícios a curto prazo da implementação de BIM e por não dependem de nenhum outro interveniente para o fazer.

O grupo das câmaras municipais por representarem a fase imediatamente posterior no ciclo de vida do edifício, a fase de licenciamento de projeto e por se tratarem igualmente de grandes e importantes donos de obra.

Existe ainda pouca literatura sobre o impacto da tecnologia BIM na indústria da construção civil nacional e por isso pretende-se que esta dissertação contribua com bases para o desenvolvimento de um planeamento estratégico para estimular a implementação da metodologia BIM no setor AEC em Portugal.

PALAVRAS-CHAVE: BIM, Implementação, Inquérito, Vantagens, Planeamento estratégico.

ABSTRACT

This document intends to assess the BIM implementation level in Portugal. It is hoped this dissertation contributes to a strategic planning towards the implementation of this technology in Portugal. Over this study are referred BIM technology use advantages that are most valuable to AEC players and the aspects considered most important by those towards methodology diffusion.

This dissertation is an extension of Venâncio (Venâncio 2015)'s study, a survey to several construction players which goal was to assess BIM methodology implementation level in Portugal.

The present study had as a goal to determine which benefits and aspects considered most important to increase BIM technology adoption and implementation in Portugal are considered to be more important to the surveyed companies and statistically validate the conclusions gleaned from the survey answers in order that they can be a base to the national strategy planning towards BIM methodology implementation.

It were made three statistics tests, the Spearman correlation coefficient, in order to quantify the association level between two variables, the Friedman test, with the aim of verify if one of the advantages differs from the others and the Fisher LSD test, to say which one differs after multiple comparison of the group variables and in that way statistically validate the conclusion that one advantage is more important than the other to the surveyed.

The statistical analysis was focused on the answers of architecture and engineering studios and public licensing entities groups. The motive for studying the answers of these groups was because they were the ones with the largest sample size, which allows a more solid and consistent analysis. They were also believed to be the most important groups to develop measures towards BIM adoption in the country.

The architecture and engineering group is where BIM implementation would be easier because they don't depend on other stakeholders to do it and they are the ones that get more immediate and short term benefits.

The city councils group because it is the player that represents the building lifecycle stage immediately after the project phase and because they are also very big and important owners.

There is still little literature about the impact of BIM technology in civil construction industry in Portugal and so it is hoped this dissertation contributes with foundations to the development of a strategic planning to stimulate BIM methodology implementation in Portuguese AEC sector.

KEYWORDS: BIM, Implementation, Survey, Benefits, Strategic Planning.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	1
RESUMO	3
ABSTRACT	5
1.INTRODUÇÃO	1
1.1. CONTEXTO	1
1.2. MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS	2
1.3. ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO	2
2.ESTADO DE ARTE	5
2.1. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)	5
2.1.1. DEFINIÇÃO DE BIM	5
2.1.2. INTRODUÇÃO HISTÓRICA.....	5
2.2. VANTAGENS E LIMITAÇÕES DA IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM.....	6
2.2.1. VANTAGENS	6
2.2.2 LIMITAÇÕES	8
2.3. INDUSTRY FOUNDATION CLASSES (IFC).....	9
2.4. NÍVEL DE MATURIDADE BIM	10
2.5. POLÍTICAS DE DIFUSÃO DE BIM	12
2.6. CRIAÇÃO DE NORMATIVAS BIM.....	18
2.7. INICIATIVAS INTERNACIONAIS DE IMPLEMENTAÇÃO DE BIM	19
2.7.1 BIM NA ESCANDINÁVIA.....	22
2.7.2 BIM NO REINO UNIDO	23
2.7.3 BIM NOS ESTADOS UNIDOS.....	24
2.7.4 BIM NA SINGAPURA	28
2.7.5 BIM NA CHINA	28
2.7.6 BIM NA COREIA DO SUL	30
2.8. BIM EM PORTUGAL	31
3.CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	33
3.1. CARACTERIZAÇÃO DOS GABINETES DE PROJETO RESPONDENTES AO INQUÉRITO.....	33
3.2. CARACTERIZAÇÃO DAS CÂMARAS MUNICIPAIS RESPONDENTES AO INQUÉRITO.....	38
4.APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS, RESULTADOS E ANÁLISE DE RESULTADOS	43

4.1. APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS	43
4.1.1. ASSOCIAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS – COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN.....	43
4.1.2. COMPARAÇÃO DE AMOSTRAS EMPARELHADAS – TESTE DE FRIEDMAN	44
4.1.3. COMPARAÇÃO MÚLTIPLA DE MÉDIAS DE ORDENS A PARTIR DE AMOSTRAS EMPARELHADAS – TESTE LSD DE FISHER	45
4.2. QUESTÃO 15 AOS GABINETES DE PROJETO: CLASSIFIQUE AS PRINCIPAIS VANTAGENS QUE CONHECE DA UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA BIM	46
4.2.1 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN	46
4.2.2 TESTE DE FRIEDMAN	47
4.2.3 COMPARAÇÃO MÚLTIPLA - TESTE LSD DE FISHER.....	48
4.3. QUESTÃO 14 ÀS CÂMARAS MUNICIPAIS: CLASSIFIQUE AS PRINCIPAIS VANTAGENS QUE CONHECE DA UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA BIM	49
4.3.1 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN	49
4.3.2 TESTE DE FRIEDMAN	50
4.3.3 COMPARAÇÃO MÚLTIPLA - TESTE LSD DE FISHER.....	50
4.4. QUESTÃO 18 AOS GABINETES DE PROJETO: QUE ASPETOS CONSIDERA MAIS IMPORTANTES PARA UMA MAIOR ADESÃO À METODOLOGIA BIM?	51
4.4.1 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN	52
4.4.2 TESTE DE FRIEDMAN	52
4.4.3 COMPARAÇÃO MÚLTIPLA - TESTE LSD DE FISHER.....	53
4.5. QUESTÃO 17 ÀS CÂMARAS MUNICIPAIS: QUE ASPETOS CONSIDERA MAIS IMPORTANTES PARA UMA MAIOR ADESÃO À METODOLOGIA BIM?	53
4.5.1 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN	53
4.5.2 TESTE DE FRIEDMAN	54
4.6. QUESTÃO 19 AOS GABINETES DE PROJETO: QUE ASPETOS CONSIDERA MAIS IMPORTANTES PARA O CRESCIMENTO DA IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA BIM?	54
4.6.1 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN	54
4.6.2 TESTE DE FRIEDMAN	55
4.6.3 COMPARAÇÃO MÚLTIPLA - TESTE LSD DE FISHER.....	55
4.7. QUESTÃO 18 ÀS CÂMARAS MUNICIPAIS: QUE ASPETOS CONSIDERA MAIS IMPORTANTES PARA O CRESCIMENTO DA IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA BIM?	56
4.7.1 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN	57
4.7.2 TESTE DE FRIEDMAN	57
4.7.3 COMPARAÇÃO MÚLTIPLA - TESTE LSD DE FISHER.....	58
4.8. QUESTÃO 30 AOS GABINETES DE PROJETO: AVALIE A IMPORTÂNCIA DOS BENEFÍCIOS QUE IDENTIFICARAM NA EMPRESA COM A IMPLEMENTAÇÃO DE BIM	59
4.8.1 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN	59
4.8.2 TESTE DE FRIEDMAN	60
4.8.3 COMPARAÇÃO MÚLTIPLA - TESTE LSD DE FISHER.....	60
4.9. QUESTÃO 21 ÀS CÂMARAS MUNICIPAIS: AVALIE A IMPORTÂNCIA DOS BENEFÍCIOS QUE IDENTIFICARAM NA EMPRESA COM A IMPLEMENTAÇÃO DE BIM	61
5.CONCLUSÕES	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1 – Fases de capacidade de um modelo BIM, adaptado de (Succar 2010)	11
Fig. 2 - Níveis de maturidade BIM, adaptado de (Succar 2010)	11
Fig. 3 – Mapa de maturidade BIM, adaptado de (Succar 2010)	12
Fig. 4 - Implementação de BIM numa organização segundo o modelo do ponto de adoção, adaptado de (Succar e Kassem 2015)	13
Fig. 5 – Modelo de áreas de difusão, adaptado de (Succar e Kassem 2015)	14
Fig. 6 - Modelo de maturidade BIM, adaptado de (Succar e Kassem 2015)	15
Fig. 7 – Modelo de dinâmicas de difusão, adaptado de (Succar e Kassem 2015)	16
Fig. 8 - Modelo de ações políticas, adaptado de (Succar e Kassem 2015)	17
Fig. 9 – Modelo de responsabilidades na difusão, adaptado de (Succar e Kassem 2015)	18
Fig. 10 - Empreiteiros apontam os principais benefícios do uso de BIM para as empresas de construção, adaptado de (McGraw&Hill 2014).....	20
Fig. 11 – Impacto do nível de implementação do BIM nas empresas no ROI, adaptado de (McGraw&Hill 2014)	21
Fig. 12 - Extensão de tempo que os empreiteiros de cada país ou região vêm a usar a tecnologia BIM, adaptado de (McGraw&Hill 2014)	22
Fig. 13 – Evolução dos níveis de implementação BIM nos Estados Unidos, adaptado de (McGraw-Hill 2012)	25
Fig. 14 - Custo de mudanças no projeto em função da utilização de BIM nos Estados Unidos, adaptado de (McGraw-Hill 2012)	26
Fig. 15 – Esquematização do processo de desenvolvimento das normas NBIMS (Eastman et al. 2009)	27
Fig. 16 - Comparação de áreas do grau de maturidade BIM de alguns países asiáticos com os líderes mundiais, adaptado de (McGraw&Hill 2014).....	29
Fig. 17 – Nível de implementação BIM na Coreia do Sul em 2012 e a previsão para 2014, adaptado de (Lee, Lee, e Jones 2012)	31
Fig. 18 - Esquematização do desenvolvimento do inquérito (Venâncio 2015)	32
Fig. 19 – Gráfico do número de respondentes ao inquérito aos gabinetes de projeto por região, dados de (Venâncio 2015)	34
Fig. 20 - Gráfico de caracterização da atividade dos 190 gabinetes de projeto respondentes ao inquérito, dados de (Venâncio 2015)	34
Fig. 21 – Gráfico de caracterização da especialidade dos 190 gabinetes de projeto de engenharia respondentes ao inquérito, dados de (Venâncio 2015).....	35
Fig. 22 - Gráfico de caracterização do conhecimento de BIM dos gabinetes de projeto respondentes ao inquérito, dados de (Venâncio 2015)	35

Fig. 23 – Gráfico de caracterização da associação do termo BIM a outros termos dos 114 gabinetes de projeto com conhecimento de BIM respondentes ao inquérito, dados de (Venâncio 2015)	36
Fig. 24 - Gráfico de caracterização do conhecimento da exigência de BIM noutros países dos gabinetes de projeto respondentes ao inquérito, dados de (Venâncio 2015)	36
Fig. 25 – Gráfico de caracterização da previsão da exigência de BIM em Portugal nos próximos 5 anos dos gabinetes de projeto respondentes ao inquérito, dados de (Venâncio 2015)	37
Fig. 26 - Relevância na indústria AEC que os gabinetes de projeto respondentes ao inquérito avaliam ao BIM nos próximos 5 anos, dados de (Venâncio 2015).....	37
Fig. 27 – Gráfico do número de respondentes ao inquérito às câmaras municipais por região, dados de (Venâncio 2015)	38
Fig. 28 - Gráfico de caracterização do nº de habitantes das câmaras municipais respondentes ao inquérito, dados de (Venâncio 2015)	39
Fig. 29 – Gráfico de caracterização das atividades das 101 câmaras municipais respondentes ao inquérito, dados de (Venâncio 2015)	39
Fig. 30 - Gráfico de caracterização do conhecimento de BIM das câmaras municipais respondentes ao inquérito, dados de (Venâncio 2015)	40
Fig. 31 – Gráfico de caracterização da associação do termo BIM a outros termos das 33 câmaras municipais com conhecimento de BIM respondentes ao inquérito, dados de (Venâncio 2015)	40
Fig. 32 - Gráfico de caracterização do conhecimento da exigência de BIM noutros países das câmaras municipais respondentes ao inquérito, dados de (Venâncio 2015).....	41
Fig. 33 - Gráfico de caracterização da previsão da exigência de BIM em Portugal nos próximos 5 anos das câmaras municipais respondentes ao inquérito, dados de (Venâncio 2015).....	41
Fig. 34 – Relevância na indústria AEC que as câmaras municipais respondentes ao inquérito avaliam ao BIM nos próximos 5 anos, dados de (Venâncio 2015).....	42

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Resultados do cálculo do coeficiente de correlação de Spearman às variáveis da questão 15 aos gabinetes de projeto	47
Quadro 2 - Resultados da comparação múltipla (teste LSD de Fisher) para a questão 15 do inquérito aos gabinetes de projeto	48
Quadro 3 – Resultados do cálculo do coeficiente de correlação de Spearman às variáveis da questão 14 do inquérito às câmaras municipais	50
Quadro 4 - Resultados da comparação múltipla (teste LSD de Fisher) para a questão 14 do inquérito às câmaras municipais	51
Quadro 5 – Resultados do cálculo do coeficiente de correlação de Spearman às variáveis da questão 18 aos gabinetes de projeto	52
Quadro 6 - Resultados da comparação múltipla (teste LSD de Fisher) para a questão 18 do inquérito aos gabinetes de projeto	53
Quadro 7 – Resultados do cálculo do coeficiente de correlação de Spearman às variáveis da questão 17 do inquérito às câmaras municipais	54
Quadro 8 - Resultados do cálculo do coeficiente de correlação de Spearman às variáveis da questão 19 do inquérito aos gabinetes de projeto	55
Quadro 9 - Resultados da comparação múltipla (teste LSD de Fisher) para a pergunta 19 aos gabinetes de projeto	56
Quadro 10 - Resultados do cálculo do coeficiente de correlação de Spearman às variáveis da questão 18 do inquérito às câmaras municipais	57
Quadro 11 - Resultados da comparação múltipla (teste LSD de Fisher) para a questão 18 do inquérito às câmaras municipais	58
Quadro 12 – Resultados do cálculo do coeficiente de correlação de Spearman às variáveis da questão 30 aos gabinetes de projeto	59
Quadro 13 - Resultados da comparação múltipla (teste LSD de Fisher) para a questão 30 do inquérito aos gabinetes de projeto	60

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS	77
A1. RESULTADOS DOS TESTES ESTATÍSTICOS AO INQUÉRITO AOS GABINETES DE PROJETO	79
A1.1 QUESTÃO 15 AOS GABINETES DE PROJETO: CLASSIFIQUE AS PRINCIPAIS VANTAGENS QUE CONHECE DA UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA BIM	81
A1.1.1 Teste do Coeficiente de Correlação de Spearman	81
A1.1.2 Teste de Friedman	85
A1.1.3 Teste LSD de Fisher	89
A1.2 QUESTÃO 18 AOS GABINETES DE PROJETO: QUE ASPETOS CONSIDERA MAIS IMPORTANTES PARA UMA MAIOR ADESÃO À METODOLOGIA BIM?	93
A1.2.1 Teste do Coeficiente de Correlação de Spearman	93
A1.2.2 Teste de Friedman	97
A1.2.3 Teste LSD de Fisher	101
A1.3 QUESTÃO 19 AOS GABINETES DE PROJETO: QUE ASPETOS CONSIDERA MAIS IMPORTANTES PARA O CRESCIMENTO DA IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA BIM?	105
A1.3.1 Teste do Coeficiente de Correlação de Spearman	105
A1.3.2 Teste de Friedman	109
A1.3.3 Teste LSD de Fisher	113
A1.4 QUESTÃO 30 AOS GABINETES DE PROJETO: AVALIE A IMPORTÂNCIA DOS BENEFÍCIOS QUE IDENTIFICARAM NA EMPRESA COM A IMPLEMENTAÇÃO DE BIM	117
A1.4.1 Teste do Coeficiente de Correlação de Spearman	117
A1.4.2 Teste de Friedman	121
A1.4.3 Comparação Múltipla - Teste LSD de Fisher	125
A2. RESULTADOS DOS TESTES ESTATÍSTICOS AO INQUÉRITO ÀS CÂMARAS MUNICIPAIS	131
A2.1 QUESTÃO 14 ÀS CÂMARAS MUNICIPAIS: CLASSIFIQUE AS PRINCIPAIS VANTAGENS QUE CONHECE DA UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA BIM	133
A2.1.1 Teste do Coeficiente de Correlação de Spearman	133
A2.1.2 Teste de Friedman	137
A2.1.3 Comparação Múltipla - Teste LSD de Fisher	141
A2.2 QUESTÃO 17 ÀS CÂMARAS MUNICIPAIS: QUE ASPETOS CONSIDERA MAIS IMPORTANTES PARA UMA MAIOR ADESÃO À METODOLOGIA BIM?	145
A2.2.1 Teste do Coeficiente de Correlação de Spearman	145
A2.2.2 Teste de Friedman	149
A2.2.3 Comparação Múltipla - Teste LSD de Fisher	153
A2.3. QUESTÃO 18 ÀS CÂMARAS MUNICIPAIS: QUE ASPETOS CONSIDERA MAIS IMPORTANTES PARA O CRESCIMENTO DA IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA BIM?	157
A2.3.1 Teste do Coeficiente de Correlação de Spearman	157
A2.3.2 Teste de Friedman	161
A2.3.3 Teste LSD de Fisher	165

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

Fr – coeficiente de Friedman

Rs - coeficiente de correlação de Spearman

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

BIM – Building Information Modeling

BSI – *British Standards Institution*

CAD – Computer Aided Design

COBIM – *National Common BIM Requirements*

CORENET – *Construction and Real Estate NETWORK*

GTBIM – Grupo de Trabalho BIM

IAI – International Alliance for Interoperability

IFC – *Industry Foundation Classes*

ISO – *International Organization for Standardization*

MEP – *Mechanical, Electrical and Plumbing*

NBIMS – *National BIM Standards*

PTPC – Plataforma Tecnológica Portuguesa da Construção

Fig. - Figura

1

INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTO

O *Building Information Modeling* (BIM) é uma tendência da inovação que está a sofrer a indústria da construção. É uma metodologia bastante inovadora e que reforma os processos e políticas convencionais do setor, bem como o papel dos intervenientes e a forma como interagem entre si. Numa vaga recente, este instrumento traduz uma forma diferente de abordar a conceção e o projeto no setor da AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção). É uma ferramenta que pode aumentar substancialmente a produtividade neste setor e que pode ajudar a ultrapassar algumas das suas atuais limitações.

Há países em que o processo de implementação do BIM é já bastante avançado, onde a utilização de BIM em obras de investimento público é obrigatória e que já publicaram normas para a utilização das ferramentas BIM. Em Portugal há ainda pouca informação sobre a adoção de ferramentas BIM no setor da construção e esse conhecimento é fundamental para que se possa perceber se o setor se encontra preparado para receber essas ferramentas e para se considerar se devem haver incentivos para acelerar essa adoção.

O setor da construção em Portugal está a passar por uma fase delicada, associada à situação económica do país e ao decréscimo do número de construções que tem marcado os últimos anos do setor, sentindo-se uma necessidade de reformar a indústria da construção, tornando-a mais ágil e eficiente.

Os intervenientes têm níveis de exigência cada vez maiores nesse sentido e o aparecimento de novos processos construtivos associados ao BIM levam à mudança da forma de construir. As principais vantagens que são reconhecidas à metodologia BIM dão resposta às necessidades que a atual situação do setor apresenta e o surgimento dessa tecnologia pode ser uma oportunidade para a indústria. O objetivo deste estudo é avaliar o estado de implementação de BIM em Portugal e as possibilidades de se desenvolverem medidas para facilitar e promover essa adoção.

O estudo desenvolvido baseou-se na análise quantitativa com base em ferramentas estatística das respostas dadas por vários intervenientes do setor ao inquérito elaborado por Venâncio (Venâncio 2015), um estudo pioneiro na avaliação do estado de adoção de BIM em Portugal.

Foram analisadas em detalhe as respostas do grupo dos gabinetes de projeto e do grupo das câmaras municipais. Os projetistas são o grupo onde a adoção de BIM é mais independente e mais fácil e são os que conseguem retirar mais benefícios a curto prazo do investimento nesta metodologia. As câmaras municipais representam a fase seguinte do processo de construção, o licenciamento, lidando com os projetos desenhados pelos projetistas. Para além disso, as câmaras municipais são donos de obra importantes, pelo que estão em posição para exigir o cumprimento de determinados

procedimentos, ainda que estes não sejam exigidos pelas leis ou regulamentos e por isso é também interessante analisar as suas respostas.

Este trabalho é uma expansão desse estudo que pretende apurar os benefícios que as organizações consideram ser mais importantes e validar estatisticamente essas conclusões para que possam servir de base ao planeamento de uma estratégia nacional de implementação da metodologia BIM.

A fim de se analisar quais as vantagens e os aspetos que contribuem para uma maior adoção e implementação de BIM (que os referidos intervenientes consideram mais importantes) recorreu-se a testes estatísticos, o coeficiente de correlação de Spearman, que permite quantificar o grau de associação entre duas variáveis, o teste de Friedman, que permite verificar se existe pelo menos uma vantagem preponderante face às restantes e o teste LSD de Fisher, que permite analisar quais as vantagens mais relevantes.

Há ainda pouca literatura sobre o impacto da tecnologia BIM no setor da AEC em Portugal e por isso pretende-se que esta dissertação contribua para o desenvolvimento desta ferramenta e para o planeamento estratégico para estimular a implementação da metodologia BIM na indústria da construção que pode ter um papel importante na reforma do setor.

1.2. MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS

A motivação para a opção de um tema relacionado com a metodologia BIM surge no seguimento da frequência em regime de mobilidade de uma unidade curricular que incidia nesta temática. Apesar de a temática já ter sido abordada superficialmente ao longo do curso de formação na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, o contacto mais direto com a metodologia permitida pelo estudo em regime de mobilidade num país escandinavo onde a metodologia BIM está mais implementada e desenvolvida permitiu perceber que são escassos os estudos sobre esta matéria em Portugal.

Decorrente da expansão da utilização da metodologia BIM por todo o mundo e das políticas da comunidade europeia no sentido de estimular o crescimento da implementação de BIM, é importante perceber o nível de adesão do BIM da parte da indústria da construção em Portugal, de forma a criar normativas e protocolos para impulsionar essa implementação.

Assim, o corrente estudo é realizado no sentido de procurar perceber como é que esta tecnologia está a afetar o setor da construção civil em Portugal e identificar medidas e percursos de ação para estimular a implementação desta tecnologia que pode ajudar a otimizar e reformar a indústria da construção civil portuguesa.

1.3. ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO

O corrente trabalho é constituído por cinco capítulos.

O primeiro capítulo é introdutório, sendo apresentadas as motivações para a realização da dissertação assim como as metodologias empregues.

No capítulo dois é feito um enquadramento à temática BIM, com a apresentação dos termos mais relevantes para o estudo bem como a respetiva investigação bibliográfica. Ao longo deste capítulo é apresentada a definição de BIM, as vantagens e limitações que decorrem da utilização desta metodologia, assim como os conceitos de IFC, nível de implementação e nível de maturidade. Posteriormente, é apresentado o estudo bibliográfico do estado de implementação de BIM em diversos países mundiais, onde se procura perceber o nível de adoção e as políticas implementadas para

fomentar o uso de BIM, para depois se estudar a situação e a necessidade de avaliar a sua implementação em Portugal.

No terceiro capítulo é feita a caracterização da amostra dos respondentes ao inquérito, em que se baseiam os estudos realizados.

No quarto capítulo deste trabalho são descritas as ferramentas estatísticas utilizadas no estudo e os seus fundamentos teóricos, e em seguida apresentam-se os resultados dos estudos realizados, assim como alguns comentários e conclusões decorrentes da sua discussão. São apresentadas as vantagens da utilização de BIM que os gabinetes de projetos e câmaras municipais mais valorizam e também os aspetos que no seu entender são mais relevantes para uma maior adoção e crescimento da implementação da metodologia.

No quinto e último capítulo são apresentadas as conclusões da dissertação e as sugestões para futuras investigações sobre este tema.

2

ESTADO DE ARTE

2.1. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

2.1.1. DEFINIÇÃO DE BIM

Building Information Modeling pode ser definido como o processo de gerir informação ao longo do ciclo de vida de um edifício (desde a sua conceção até à demolição) que se foca em permitir e facilitar a forma integrada de fluxo de projeto e entrega, através do uso colaborativo de modelos digitais de edifícios em 3D semanticamente ricos em todas as fases do projeto e do ciclo de vida da construção (Underwood 2009).

Há muitas formas de descrever a metodologia BIM, todavia não existe uma definição concisa para o termo. A forma mais precisa de explicar o que é o BIM é descrever sucintamente o processo. A tecnologia BIM constrói de forma digital um modelo virtual preciso do edifício, que quando fica completo contém a geometria precisa do edifício e a informação relevante para servir de base às atividades de construção, fabricação e aquisição necessárias para levantar o edifício (Eastman et al. 2011). BIM é o processo de criar e usar modelos digitais para o desenho, construção e/ou operação de projetos (Young et al. 2009).

BIM é definido como o processo de gerar, armazenar, gerir, trocar e partilhar informação dos edifícios de uma forma interoperável e reutilizável (Vanlande, Nicolle, e Cruz 2008).

O BIM pode ser usado em todas as fases do ciclo de vida do projeto. Pode ser usada pelo dono de obra para perceber as necessidades do projeto, pode ser utilizado pela equipa projetista para analisar, desenhar e desenvolver o projeto, pelo empreiteiro na gestão da construção do projeto e pelo gestor do edifício durante a fase de entrega e durante a fase de normal operação do edifício (Grilo e Jardim-Goncalves 2010).

O termo BIM pode ser definido de múltiplas formas e baseado no ponto de vista de diferentes intervenientes mas não há um consenso quanto à definição de BIM.

2.1.2. INTRODUÇÃO HISTÓRICA

“À medida que os sistemas CAD se tornaram mais inteligentes e mais utilizadores quiseram partilhar dados associados com um determinado projeto, a mentalidade alterou-se dos desenhos e das imagens em 3D para os dados em si.” (Eastman et al. 2011)

O desenho CAD apareceu com a missão de automatizar a tarefa de desenhar. Nesse sentido a atenção estava centrada em representar peças geométricas 2D através de elementos gráficos. Com o

aparecimento do CAD 3D a visualização a representação geométrica começou a ser pensada para a visualização. A inclusão da geometria paramétrica 3D, com dimensões variáveis e regras associadas adiciona inteligência aos objetos, permitindo a visualização de geometrias complexas e relações funcionais entre os elementos do edifício. Mais importante ainda é a possibilidade de definir objetos abstratos, como por exemplo o espaço físico, através das relações entre elementos físicos do edifício, identificados e referenciados.

Building Information Modeling (BIM) é assim uma ferramenta em que todos estes objetos inteligentes dos edifícios que combinam para criar o desenho do edifício coexistem numa única base de dados do projeto ou edifício virtual que captura e armazena tudo o que é conhecido acerca do edifício. Um modelo BIM em teoria fornece uma fonte única, lógica e consistente de toda a informação associada com o edifício (Howell e Batcheler 2005).

2.2. VANTAGENS E LIMITAÇÕES DA IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM

Ao longo deste subcapítulo efetua-se um levantamento dos benefícios e limitações associados à metodologia BIM para se perceber o leque de vantagens que a implementação desta tecnologia pode trazer às organizações e as limitações que também apresenta.

2.2.1. VANTAGENS

Existem múltiplas vantagens da utilização da metodologia BIM e pode-se esperar muitas mudanças no paradigma da construção à medida que a tecnologia BIM se for desenvolvendo.

Várias vantagens são referidas de acordo com a fase do ciclo de vida do edifício em que é utilizada a tecnologia BIM, como uma melhoria do desempenho e qualidade de um edifício, melhor entendimento do projeto e estimativas de custo e tempo da obra mais precisas trazem benefícios durante a fase de pré-construção, visualizações do projeto mais rápidas e mais precisas, correções automáticas quando são efetuadas alterações ao projeto, obtenção de desenhos 2D precisos em qualquer etapa do projeto, colaboração das diferentes disciplinas, obtenção de estimativas de custos durante a fase de projeto e melhoria da eficiência energética e da sustentabilidade das construções são benefícios conseguidos durante a fase de projeto ao passo que durante a fase de construção são conseguidas vantagens como a melhoria do planeamento da construção, a descoberta de erros e omissões do projeto e minimização dos seus efeitos e são também extraídas vantagens da utilização da metodologia BIM na fase posterior à construção como uma melhor gestão e operação do edifício (Eastman et al. 2011).

A tecnologia BIM tem associada a si e é capaz de garantir muitas vantagens como uma única fonte de informação acerca do edifício (Howell e Batcheler 2005):

- Planos, elevações e desenhos de secção, gerados como vistas de um único modelo de desenho, são sempre consistentes;
- Coordenação de objetos de edifícios criados por diferentes disciplinas num simples modelo resolvem conflitos entre elementos do desenho;
- Esquemas compreensivos associados com o edifício são facilmente gerados e mantidos atualizados no caso de alguma alteração ao modelo
- A disponibilidade de um simples modelo BIM torna possível captar informação adicional ao longo das fases de desenho, construção e entrega de um edifício, servindo como um registo vivo do edifício para a fase de operação e manutenção ao longo do ciclo de vida.

Na sequência do seu aparecimento, o BIM foi apontado como uma ferramenta que traria ao setor da AEC um aumento substancial de produtividade, uma vez que o BIM permite que a visualização, a perceção e a construção ocorram nas mesmas dimensões 3D. Os modelos a 3D facilitam o estudo de várias alternativas às soluções que saem do *design*, já que é possível modelar e comparar soluções tendo em conta diversos cenários possíveis. As intenções dos projetistas são mais facilmente comunicadas aos outros membros da equipa de projeto e com maior precisão e rigor. Este tipo de interação vai trazer eficiência à cadeia de valor das empresas do setor da AEC (Grilo e Jardim-Goncalves 2010).

Um outro estudo (Bryde, Broquetas, e Volm 2013) salienta que a tecnologia BIM transforma as ferramentas dos projetos de construção pensadas para o papel e coloca-as num ambiente virtual, permitindo um nível de eficiência, comunicação e colaboração que excedem as dos processos tradicionais de construção.

A abordagem ao BIM é essencialmente uma maneira conceptual de gerir a informação do projeto. A realidade mostra que há uma larga diversidade de possibilidades dentro da abordagem ao BIM 3D, que é bastante dependente do tipo de interações entre os participantes do projeto e a maneira como o BIM é usado. É um processo ideal para desenvolver técnicas de colaboração e protocolos de compromisso entre os membros da equipa de projeto. A coordenação de objetos da construção criados por intervenientes de diferentes disciplinas num único modelo resolve conflitos entre elementos da equipa de projeto (Howell e Batcheler 2005).

Vários modelos de diferentes componentes de um projeto podem ser usados num modelo composto que vai ter a informação combinada de todos os submodelos nele incorporados. Além de promover a reutilização dos seus componentes, uma vantagem de um modelo composto é que diferentes elementos da equipa de projeto podem trabalhar em várias partes de um projeto independentemente e combinar o seu trabalho de tempo a tempo de forma a analisar os resultados combinados. A colaboração entre os intervenientes é dos aspetos relativos à utilização de BIM ao longo do ciclo de vida de um projeto o que resulta num maior impacto financeiro positivo (Eadie et al. 2013).

É mais fácil encontrar soluções para os problemas detetados durante a fase de construção. Os eventuais conflitos podem ser descobertos e resolvidos (este processo é muitas vezes conhecido como *clash detection*). É bastante mais eficiente coordenar os diversos sistemas dos edifícios recorrendo a visualizações com um modelo 3D uma vez que as localizações e relações de todos os componentes (arquitetura, estruturas, AVAC, elétrico, águas) e os seus eventuais conflitos podem ser resolvidos ainda em fases de planeamento do projeto.

As estimativas de custos são outro benefício da adoção da metodologia BIM. O desempenho energético de um edifício e a iluminação natural podem ser simuladas e avaliadas comparando o comportamento usando diferentes materiais e equipamentos, assim como planeamento da construção e extração de mapas de quantidades (Leicht e Messner 2007). É possível simular o comportamento do edifício durante o seu período de vida útil e analisar o custo do ciclo de vida do edifício desde as fases iniciais do planeamento (Grilo e Jardim-Goncalves 2010).

A utilização das metodologias BIM para efeitos de gestão e manutenção do edifício após a construção é outra das vantagens reconhecidas ao BIM. No entanto, ainda não está a ser utilizado todo o potencial do BIM, uma vez que a sua utilização para este fim é ainda reduzida (Eadie et al. 2013).

Investigações anteriores concluíram que podem ser conseguidos ganhos financeiros através da implementação de BIM. A melhoria conseguida ao nível de desempenho do edifício através da otimização do *design* com o uso da metodologia BIM vai reduzir os custos posteriormente na fase de

gestão do edificado (Lu et al. 2014). De acordo com um estudo realizado em 2010 (Jardim-Goncalves e Grilo 2010), dois terços dos utilizadores de BIM reportaram um retorno positivo do seu investimento total em BIM. Empreiteiros e empreiteiros especializados demonstraram uma redução entre 1% e 2% do custo dos sistemas de mecânica, elétrico e de águas (MEP, sigla que deriva do termo inglês *mechanical, electrical and plumbing*) num projeto de grandes dimensões (Khanzode, Fischer, e Reed 2007)

Muitos benefícios da implementação da metodologia BIM podem ser experienciados logo nos primeiros projetos que o utilizador elaborar com recurso à ferramenta mas outros necessitam de maiores intervalos de tempo para se manifestarem. Redução de erros e omissões, trabalhos repetidos e tempo dos ciclos de trabalhos são exemplos dos primeiros, pois evidenciam-se assim que se adota a metodologia. Outros como redução de custos, planeamento e gestão da obra demoram mais tempo a manifestar-se.

O recurso às tecnologias BIM facilita um *design* e processo de construção mais integrados que resulta numa maior qualidade dos edifícios a custos mais baixos e durações de projeto mais reduzidas (Eastman et al. 2011).

2.2.2 LIMITAÇÕES

Há alguns aspetos que retardam a adoção desta tecnologia e que impedem o aproveitamento dos benefícios que esta apresenta.

A implementação da metodologia BIM exige uma adaptação e reformulação da organização por parte das empresas, que tem de rever os seus processos. Quando se implementa a tecnologia BIM é preciso mudar o paradigma do processo de construção enquanto se promove o avanço tecnológico (Howard e Björk 2008). Para que se aplique esta metodologia aproveitando todas as potencialidades que tem para oferecer todos os intervenientes, desde as fases iniciais de projeto até às fases de exploração do edifício devem estar os processos adaptados à metodologia BIM, de forma a haver um processo colaborativo entre todos os intervenientes.

Um dos motivos para a resistência à adoção da metodologia BIM é o elevado custo de investimento. A implementação de BIM nos processos do setor AEC implica um custo extra, relativo ao capital de investimento inicial em licenças de *software*, ferramentas BIM e custos de operações de atualizar o *software* e o *hardware*, bem como em promover o conhecimento e o domínio dessas ferramentas. Este custo de investimento é um dos maiores obstáculos para a difusão da adoção de BIM na indústria da construção (Lu et al. 2014).

No Reino Unido os agentes do setor da construção apontaram as razões para a tecnologia BIM e as suas medidas não serem usados em projetos (Eadie et al. 2013). Destacam-se as seguintes:

- A falta de experiência dentro das equipas de projeto e dentro das organizações;
- A não colocação dessa exigência da parte do cliente;
- Resistência cultural;
- Custo do investimento;
- Não existência de financiamento adicional ao projeto para suportar o investimento na tecnologia BIM;
- Resistência ao nível da operação;
- Relutância dos membros da equipa de projeto em partilhar informação;
- Não existência de benefícios imediatos dos projetos entregues à data;
- Problemas de enquadramento legal.

A falta de interoperabilidade entre diferentes *software* é uma das principais limitações e um dos grandes entraves à implementação da metodologia BIM.

Operabilidade é a característica fundamental das ferramentas simples utilizadas para bem completar tarefas simples. Interoperabilidade é a característica fundamental das ferramentas que são desenhadas para trabalharem em conjunto como parte integrada de um sistema para complementar tarefas (Smith e Tardif 2009).

Nos Estados Unidos os prejuízos para as empresas devido aos problemas de falta de interoperabilidade estão avaliados em \$15.8 bilhões de dólares, um número extremamente elevado quando comparado com os valores da indústria automotora, avaliados em \$1 bilhão (Brunnermeier e Martin 1999).

A troca de informações e documentos entre as diversas entidades muitas vezes não pode ser executada automaticamente em formato eletrónico devido principalmente aos problemas de incompatibilidade com os modelos de referência adotados pelas aplicações de *software* que as equipas estão a usar nos seus trabalhos. Os modelos de arquitetura, estruturas e AVAC que são muitas vezes produzidos por consultores de projeto ou subcontratados especializados que são responsáveis pelas suas específicas parcelas do trabalho, também podem ser combinadas num modelo composto que mostra o projeto total para visualização, coordenação e outros propósitos.

Um grande desafio coloca-se então quando estes modelos compostos são desenvolvidos por equipas de colaboração que usam diferentes ferramentas informáticas e por vezes dispersas geograficamente o que requer que os componentes, os modelos de referência e as aplicações de *software* sejam interoperáveis (Grilo e Jardim-Goncalves 2010).

Todavia os problemas estendem-se para lá da falta de interoperabilidade dos sistemas informáticos. Ainda mais complicados de resolver são os casos relacionados com a falta de acordo entre os participantes quanto às plataformas eletrónicas e com a sua disponibilidade para partilhar os seus modelos BIM sem restringir o fluxo de informação de e para outras entidades ao tentar restringir os direitos da sua propriedade intelectual (Bryde, Broquetas, e Volm 2013).

O uso otimizado das metodologias BIM e de todas as potencialidades que estas têm para oferecer só será conseguido se as pessoas que as usarem forem capazes de se adaptar e adotar práticas de trabalho enquadradas nesta nova realidade (Bryde, Broquetas, e Volm 2013).

2.3. INDUSTRY FOUNDATION CLASSES (IFC)

Industry Foundation Classes (IFC) é uma plataforma criada pela BuildingSMART para partilha de informação entre membros da equipa de projeto e através de múltiplas aplicações de *software* que são usadas para o *design*, construção, aquisição de materiais, manutenção e operação ao longo do ciclo de vida de uma edificação (buildingSMART 2015).

O formato IFC é um modelo de informação neutro criado para facilitar a interoperabilidade na indústria da construção, pois permite que diferentes aplicações de *software* troquem e partilhem informação relevante.

O papel do IFC é descrever toda a informação associada com um edificado ao longo do seu ciclo de vida e servir de base para as trocas e partilhas de todo o tipo de informação. O modelo IFC permite inúmeras formas de definir objetos do edifício, processos e outros tipos de informação num esquema de informação disponível publicamente (Eastman et al. 2011).

O IFC foi desenvolvido para criar um conjunto largo de representações de dados da informação da construção para trocas entre aplicações utilizadas pelos intervenientes no setor da AEC. Este formato tem, contudo, as suas limitações e os utilizadores devem entender as possibilidades e limitações dos diferentes *software* em trocas de dados baseadas no formato IFC (Hietanen e Final 2006). Apesar disso, é provável que o formato IFC se torne na norma internacional para trocas de informação e integração na indústria da construção civil (Eastman et al. 2011).

O formato IFC proporciona uma norma comum para troca e partilha de informação eletrónica acerca da construção mas é insuficiente sozinha, uma vez que não descreve processos individuais dentro do ciclo de vida do edificado ou a informação necessária para os completar (Smith e Tardif 2009). É necessário definir requisitos e protocolos para a troca e partilha de informação e é preciso que o *software* incorpore normas padrão para basear trocas de informação fidedignas.

2.4. NÍVEL DE MATURIDADE BIM

Implementar a metodologia BIM não é uma questão simples, uma vez que a adoção desta tecnologia envolve novos processos no setor da construção e uma reformulação dos métodos de trabalho com vista a uma maior coordenação, interoperabilidade e troca de informações entre os diversos intervenientes.

Há países em que o processo de implementação do BIM é já bastante avançado, onde a utilização de BIM em obras de investimento público é obrigatória e que já publicaram normas para a utilização das ferramentas BIM. Na Grã-Bretanha, o governo declarou que de 2014 em diante todos os projetos concedidos iriam solicitar aos membros da cadeia de fornecimentos um trabalho cooperativo em BIM (Bryde, Broquetas, e Volm 2013).

A necessidade de ter um instrumento que permitisse a medição do desempenho BIM de uma dada organização levou a que surgisse a definição de nível de maturidade. Este conceito surge para se poder caracterizar de uma forma mais sucinta o grau de uso e habilidade de BIM que existe numa organização.

O nível de maturidade de um modelo BIM é a qualidade, a repetibilidade e o grau de excelência dentro das capacidades do modelo BIM, listadas em três fases, representadas na Figura 1 (Succar 2010):

- Fase 1) Modelação baseada em objetos;
- Fase 2) Colaboração baseada no modelo;
- Fase 3) Integração baseada no trabalho em rede.

Estas fases de capacidade BIM são definidas pelos requerimentos mínimos, como exemplo para uma determinada empresa ser considerada como com Capacidade BIM Fase 1 tem que ter implantado um *software* de modelação baseada em objetos (Revit, ArchiCAD, Tekla, ...)

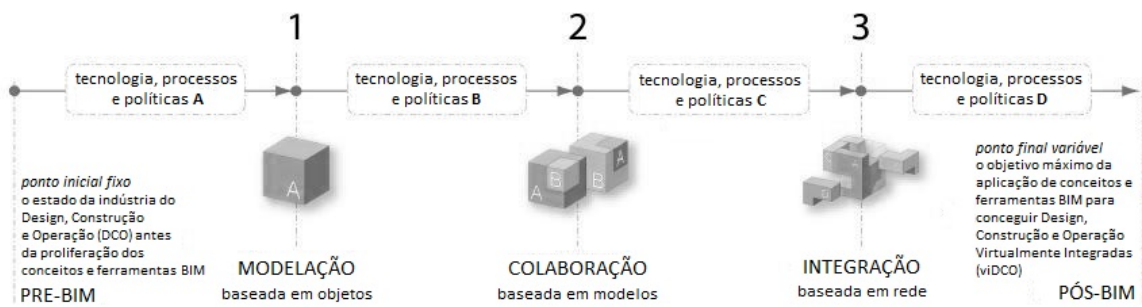


Fig. 1 – Fases de capacidade de um modelo BIM, adaptado de (Succar 2010)

A maturidade BIM tenta referenciar objetivos de desempenho e de melhorarias que equipas e organizações trabalham para atingir. A progressão dos níveis de maturidade mais baixos para os mais altos indica um melhor domínio da tecnologia BIM.

Em cada fase de capacidade em particular, o desempenho ou a habilidade da organização pode ser medida para determinar o nível de maturidade BIM, dentro de cinco fases possíveis como é visível na Figura 2.

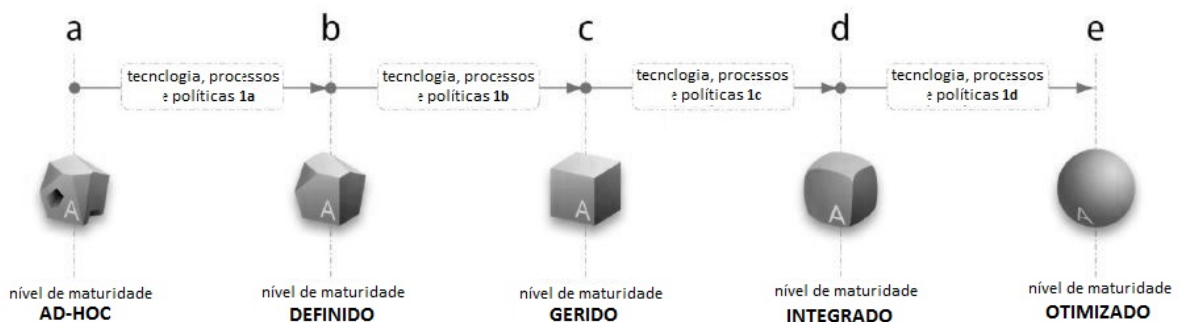


Fig. 2 – Níveis de maturidade BIM, adaptado de (Succar 2010)

Uma organização que esteja a realizar testes ou projetos-piloto para determinar os benefícios do BIM pode-se encontrar na primeira fase de capacidade (modelação baseada em objetos) e dentro desta fase estão a uma maturidade “*ad-hoc*” ou “definida”, trabalhando para otimizar esse processo. O nível de maturidade BIM de uma organização em particular pode ser estimado consoante objetivos gerais baseados num mapa de maturidade BIM, como se pode observar na Figura 3, ou através de uma matriz de competências.

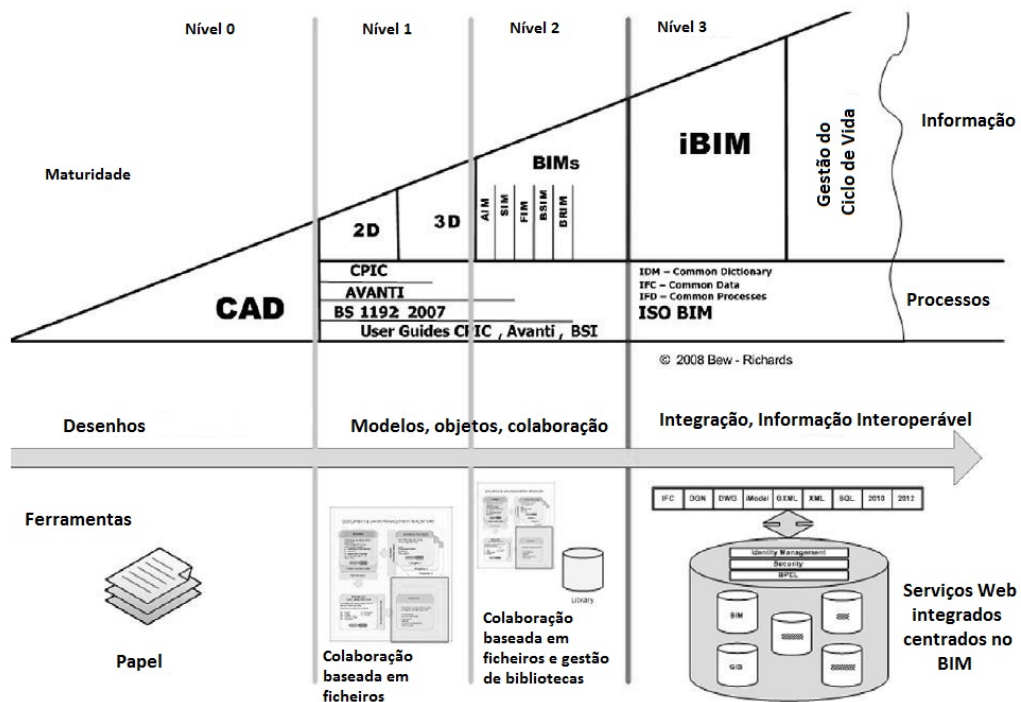


Fig. 3 – Mapa de maturidade BIM, adaptado de (Succar 2010)

A imensa variedade de definições para BIM comprova a dificuldade em definir e quantificar BIM e os potenciais benefícios que resultam da utilização desta metodologia (Barlish e Sullivan 2012). Apesar do potencial da metodologia BIM, as organizações de construção não utilizam uma metodologia para avaliar os seus benefícios e daí surge essa necessidade de um instrumento que permita uma quantificação do desempenho BIM de uma dada organização.

2.5. POLÍTICAS DE DIFUSÃO DE BIM

A implementação de BIM numa determinada organização depende das atividades desenvolvidas para preparar a organização para essa implementação, para implementar ou desenvolver os seus entregáveis BIM do projeto e os seus processos de trabalho. A adoção da metodologia BIM numa determinada empresa baseia-se em três etapas, a propensão a implementar BIM, a capacidade BIM e a maturidade BIM (Succar e Kassem 2015).

A propensão a implementar BIM baseia-se no nível de preparação e atividades de planeamento e preparação desenvolvidas precedentemente à implementação da metodologia BIM.

A capacidade BIM representa a habilidade mínima que uma organização ou equipa devem ter para serem capazes de obter resultados satisfatórios dos seus trabalhos em BIM e é conseguida através da ultrapassagem de etapas evolutivas.

A maturidade BIM é a melhoria gradual e contínua em qualidade dentro das capacidades BIM e é expressa pelos níveis de maturidade BIM que as equipas e a organização aspiram.

As três fases de implementação mencionadas são retratadas pelo mesmo autor num modelo apresentado na Figura 4. A adoção de BIM dá-se no ponto de adoção quando uma organização adota as ferramentas e processos de uma modelação baseada em objetos, após um período de planeamento e

preparação e a partir daí dá-se a evolução em capacidade BIM. Saliente-se que todas as evoluções representadas na figura são precedidas de um investimento em recursos e formação dos recursos humanos.

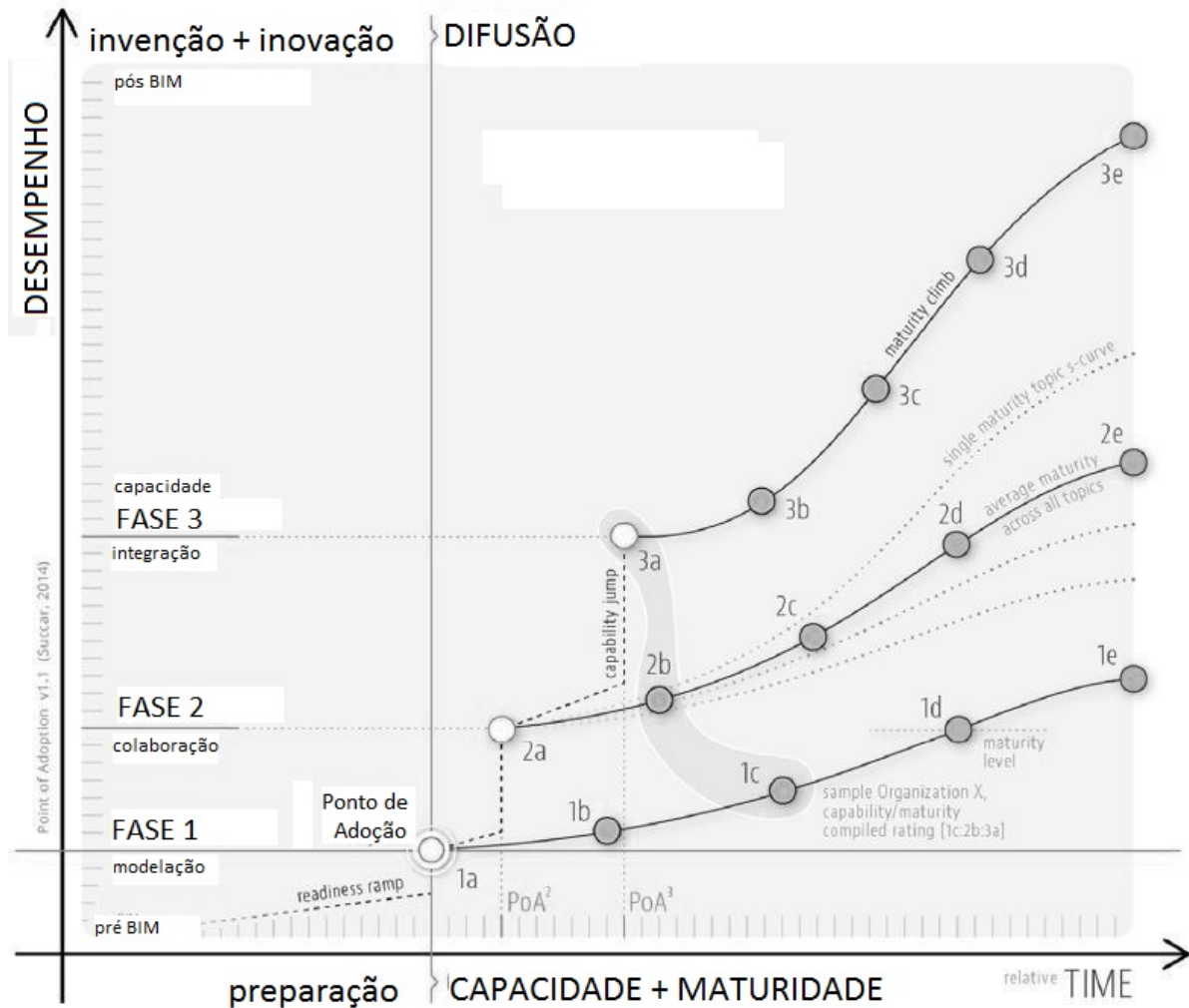


Fig. 4 – Implementação de BIM numa organização segundo o modelo do ponto de adoção, adaptado de (Succar e Kassem 2015)

A difusão de BIM significa a propagação dos processos BIM numa população ou num mercado. Segundo Geroski (Geroski 2000) há dois tipos de modelos de difusão da adoção de uma tecnologia, o modelo epidémico e o modelo *probit*.

O modelo epidémico baseia a difusão da tecnologia no facto da população conhecer a sua existência e os seus benefícios e no espalhamento da sua utilização através da comunicação entre os indivíduos. Ao focar-se numa população inteira, o modelo epidémico baseia-se na agregação gradual da utilização de um novo processo num dado mercado.

Por outro lado, o modelo *probit* baseia-se no efeito da tomada de decisão individual na difusão da tecnologia, decisão essa que é influenciada por diversos fatores. Pode ser influenciada pelo contágio de um parceiro que já adotou a nova tecnologia, pelo patamar social que representa a ocasião em que um indivíduo adota a inovação tecnológica quando um número suficiente de indivíduos similares também adotarem. Outro fator é a aprendizagem social, que representa como um indivíduo adota a

tecnologia quando estão disponíveis provas suficientes que indivíduos que já adotaram retiraram benefícios que comprovam a valia da inovação tecnológica. Uma forma de pressão na tomada de decisão é o seguimento das normativas da indústria em favor do novo processo.

Outros autores afirmam que a melhor forma para uma tecnologia inovadora ser aceite é quando o dono de obra impõe em contrato a sua utilização, uma vez que é não negociável (Porwal e Hewage 2013).

A difusão da metodologia BIM é de análise mais complexa uma vez que o BIM não é uma simples solução tecnológica mas antes uma difusão combinada de novos processos, esquemas de trabalho e tecnologias.

A aplicação de BIM num dado mercado ou país pode ser baseada em cinco modelos, propostos por Succar e Kassem (Succar e Kassem 2015).

O modelo A está relacionado com as áreas de difusão e clarifica como é que as tecnologias, processos e políticas BIM interagem com as fases de capacidade BIM, criando nove áreas para análise e planeamento da difusão de BIM, como se pode verificar na Figura 5, e que podem ser utilizadas de forma independente ou coletiva. Este modelo permite a criação de classificações alvo para uma análise comparativa do mercado.

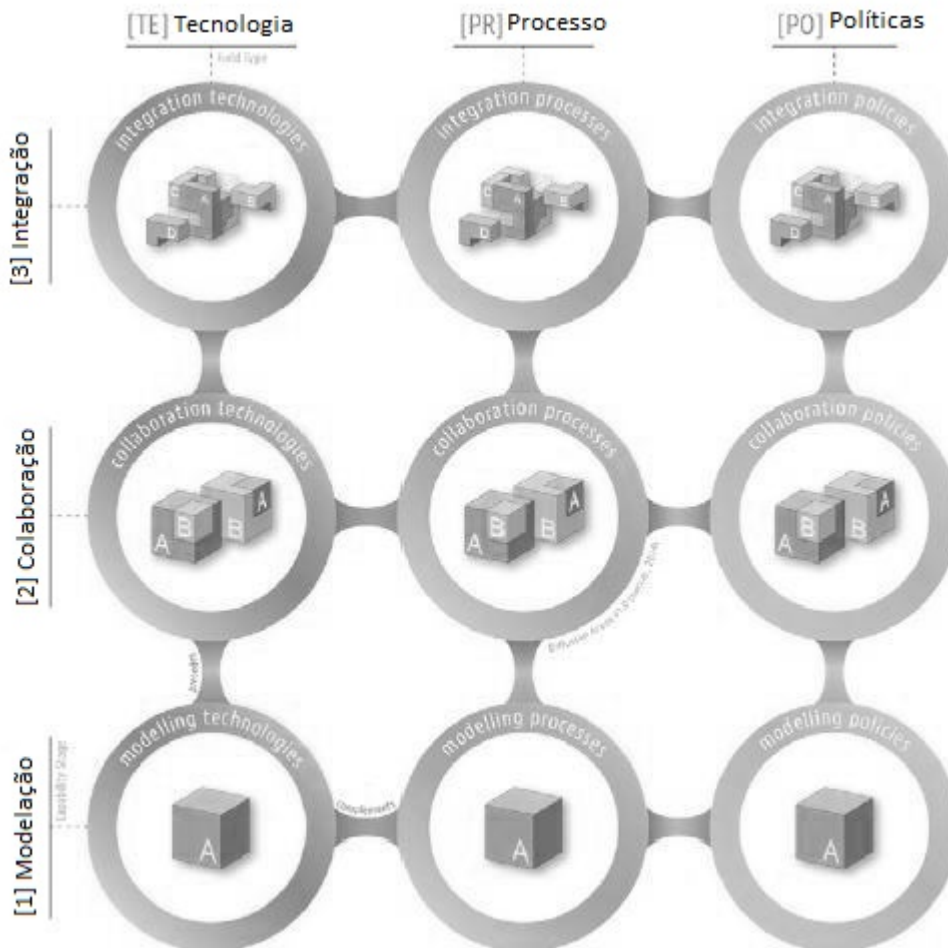


Fig. 5 – Modelo de áreas de difusão, adaptado de (Succar e Kassem 2015)

O modelo B está deriva da análise da maturidade dos componentes. Através deste modelo é possível medir e definir a maturidade BIM organizações de grandes dimensões ou países. Permite a análise de cada um dos componentes através da utilização de medidas especializadas aplicadas a esse mesmo componente. Este modelo permite identificar as áreas BIM com que cada interveniente vai ter de lidar.

Um esquema deste modelo é apresentado na Figura 6.

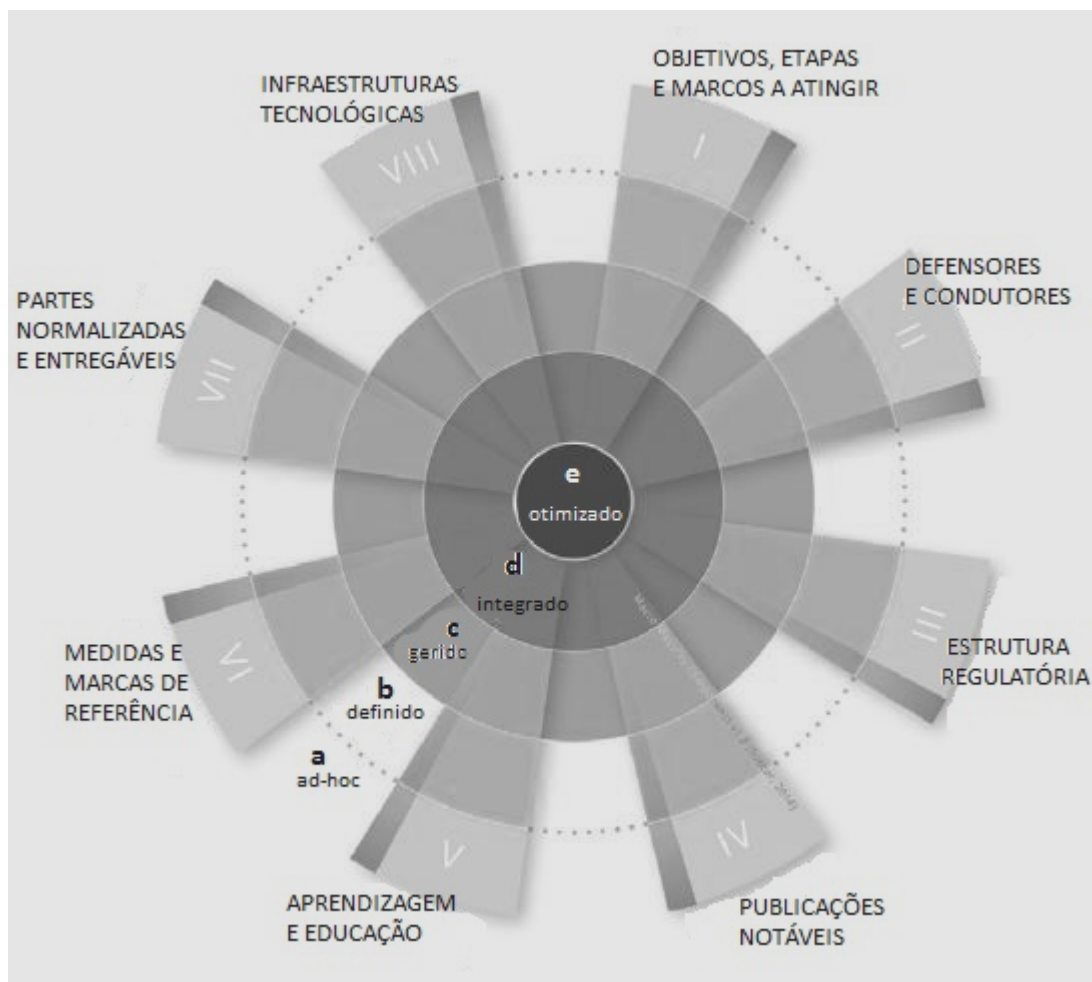


Fig. 6 – Modelo de maturidade BIM, adaptado de (Succar e Kassem 2015)

O modelo C está relacionado com as dinâmicas de difusão. Este modelo permite analisar como se iniciou a difusão e a partir de que intervenientes. Este modelo considera três dinâmicas de difusão: de cima para baixo (*top-down*), de baixo para cima (*bottom-up*) e a partir do meio (*middle-out*).

A primeira dinâmica caracteriza a implementação através da imposição de normativas por parte das autoridades, que assim influenciam as organizações do mercado a implementarem a tecnologia inovadora.

A dinâmica de baixo para cima deriva da aprendizagem através da utilização e prática das tecnologias inovadoras por parte das pequenas organizações. Esta dinâmica torna mais lento o processo de adoção da nova tecnologia mas é mais eficaz para a adoção de novos processos de gestão e para lidar com a resistência à mudança (Arayici et al. 2011).

A terceira dinâmica, a partir do meio, é caracterizada pela implementação através de grandes organizações ou associações da indústria, seguindo-se a difusão para as pequenas organizações abaixo na cadeia de fornecimento, que sofrem pressões para implementar a tecnologia inovadora, por contágio ou por imposição, para trabalharem com estas grandes organizações ou associações, e para as entidades governamentais acima, por pressão para serem criadas normativas relativamente à tecnologia inovadora.

As três dinâmicas apresentadas estão esquematizadas na Figura 7. A figura esquematiza as pressões que as organizações sofrem no sentido de implementar uma tecnologia inovadora e como a tomada de decisão de um indivíduo de implementar essa tecnologia influencia outros indivíduos.

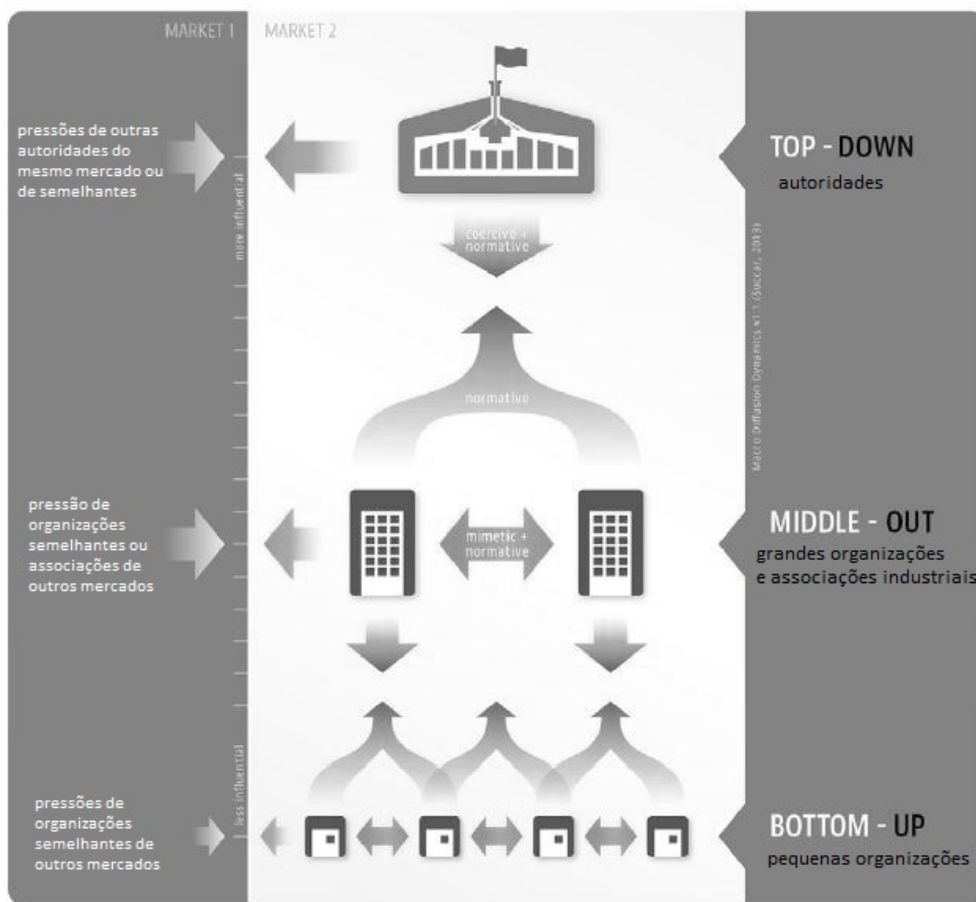


Fig. 7 – Modelo de dinâmicas de difusão (Succar e Kassem 2015)

O modelo D caracteriza as políticas tomadas no sentido de promover a implementação da tecnologia. Assim, este modelo identifica três atividades de implementação (comunicar, empreender e monitorizar), que podem depois ter abordagens passiva, ativa ou assertiva consoante a intensidade do criador das políticas a estimular a adoção da tecnologia. O modelo D está esquematizado na Figura 8. São identificadas nove ações e representadas a relação entre elas, sendo que estas ações podem depois ser subdivididas em ações políticas menores. Este modelo pode ser utilizado para estruturar a política de intervenção ou como uma ferramenta de diagnóstico para comparar diferentes ações em diferentes países ou mercados.

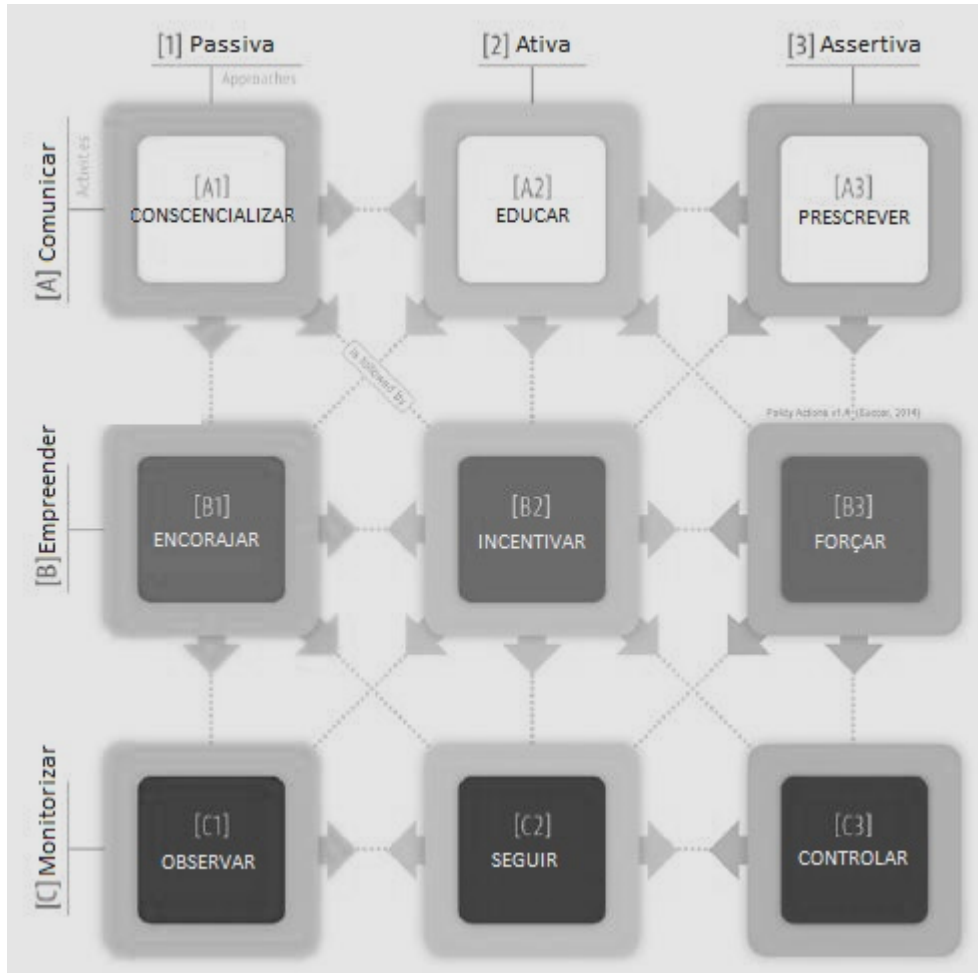


Fig. 8 – Modelo de ações políticas, adaptado de (Succar e Kassem 2015)

O modelo E caracteriza as responsabilidades na difusão dos intervenientes da indústria. Este modelo identifica nove intervenientes BIM, distribuídos por três áreas BIM. Este modelo, esquematizado na Figura 9 pode ser usado para comparar as atividades relativamente à difusão de BIM realizadas por um interveniente em relação a outros intervenientes dentro do mesmo grupo ou de outros grupos do mercado, ou pode ser utilizado para comparar as atividades de difusão de BIM do mesmo interveniente em diferentes países.

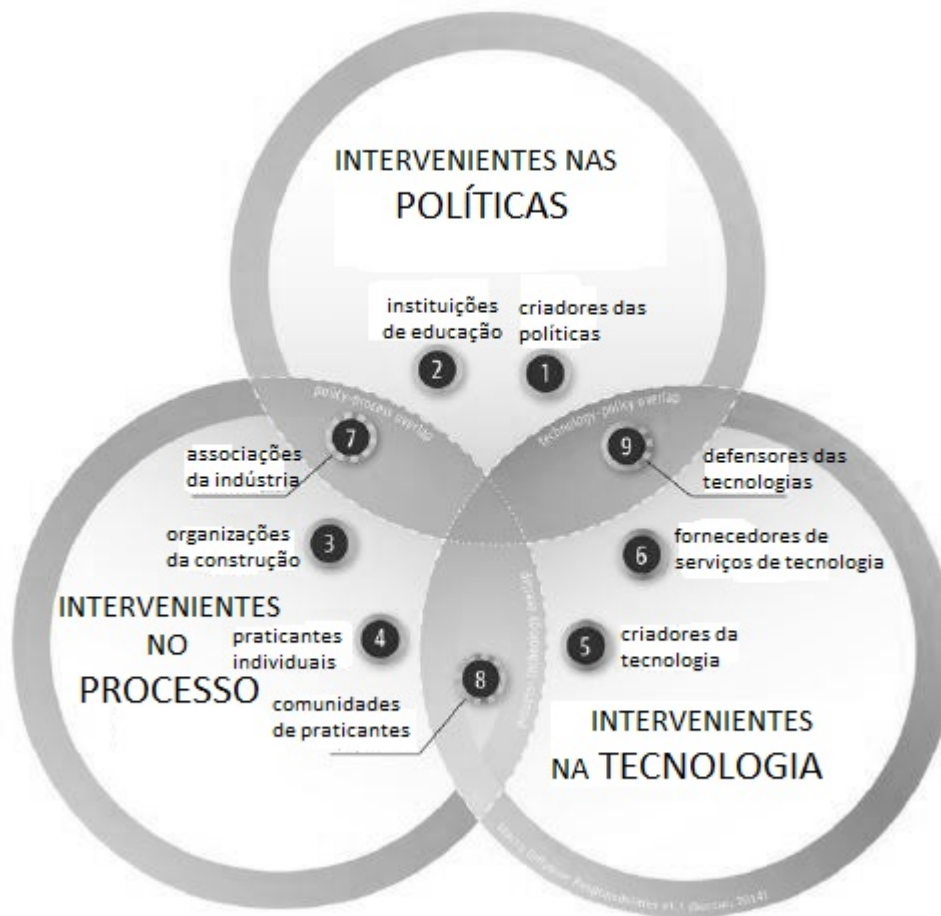


Fig. 9 – Modelo de responsabilidades na difusão, adaptado de (Succar e Kassem 2015)

Estes modelos desenvolvidos por Succar e Kassem (Succar e Kassem 2015) são uma ferramenta pensada para fazer uma avaliação sólida da difusão BIM a grandes escalas, como um mercado ou um país, e alicerçar o desenvolvimento de políticas específicas de adoção de BIM.

2.6. CRIAÇÃO DE NORMATIVAS BIM

As normativas BIM e guias de boas práticas facilitam os processos detalhados e as condições para os utilizadores de BIM atingirem os seus objetivos. Vários países já estabeleceram normas e guias de boas práticas para implementar BIM nos projetos de construção, como foi referido anteriormente. Cada normativa foi pensada especificamente tendo em conta as características da construção em cada país.

A possibilidade de partilhar informação por via digital ao longo do ciclo de vida dos edifícios enfatizou a necessidade de normas. Para serem reconhecidas universalmente reconheceu-se que as normas deviam ser formalizadas internacionalmente pela ISO (*International Organization for Standardization*). No entanto, as normas devem estar adaptadas às realidades locais e devem ter em conta as condicionantes locais (culturais, geográficas, ...). A normalização não deve ser uma barreira à criatividade e à inovação. Num estudo que compila as visões de diversos especialistas mundiais em BIM (Howard e Björk 2008) é sintetizado o papel da normalização nas definições de BIM salientando

que a normalização é apoiados nominalmente, as normas nacionais são as mais eficazes mas necessitam do apoio e do aval da ISO.

As normas internacionais BIM já existentes são incompletas e pouco comercializadas. É necessário uma estrutura que consiga incorporar todas as normas BIM incluindo as definições dos dados. As normas IFC são as mais encorajadas mas têm muitas lacunas e podiam ser melhoradas. O desenvolvimento devia partir de especialistas do setor da construção com a implementação a ser levada a cabo por empresas de *software* (Howard e Björk 2008).

É consensual entre os grandes especialistas que são necessárias mudanças profundas no processo da construção por inteiro para garantir que são extraídos os maiores benefícios do uso das tecnologias BIM e que as normas disponíveis atualmente precisam de corresponder melhor aos processos da indústria. As soluções técnicas de BIM estão quase totalmente disponíveis para uso mas a ligação comercial para as aplicar teve um efeito ainda muito reduzido. O BIM ainda não serve as necessidades da indústria da construção. É essencial que haja educação e formação nesse sentido. Algumas das soluções propostas passam por: projeto integrado e especificação, regulações automatizadas e a criação de uma rede colaborativa (Howard e Björk 2008).

A criação de normativas e a consequente clarificação de como as competências BIM devem ser definidas e organizadas deve contribuir significativamente para reduzir a interdependência ineficaz entre equipas de projeto e organizações (Succar, Sher, e Williams 2013).

2.7. INICIATIVAS INTERNACIONAIS DE IMPLEMENTAÇÃO DE BIM

“Implementar *Building Information Modeling* é uma decisão muito mais comercial e de negócio do que técnica.” (Smith e Tardif 2009)

Sendo reconhecido a escala mundial como o futuro do setor da construção, o uso de BIM está a ter um crescimento muito forte, liderado maioritariamente pelos donos de obra privados e governamentais que pretendem institucionalizar os seus benefícios de entregar projetos mais rápidos e precisos. Entre 2007 e 2012, o uso de BIM na América do Norte disparou de 28% para 71%, sendo que o uso por parte dos empreiteiros (74%) já ultrapassou o uso dos arquitetos (70%). O Reino Unido e outras regiões estão a crescer no mesmo sentido (McGraw&Hill 2014).

Há países em que o processo de implementação do BIM é já bastante avançado e profundo, onde a utilização de BIM em obras de investimento público é obrigatória e que já publicaram normas para a utilização das ferramentas BIM, como nos Estados Unidos, Canadá, Alemanha, França, Reino Unido e nos países da Escandinávia e há mercados que adotaram a tecnologia mais recentemente, como Austrália, Brasil, Japão, Coreia e Nova Zelândia mas já têm excelentes indicadores como o ROI, o compromisso de investimento, oferta de serviços inovadores e expansão do uso de BIM a outros projetos que não de edifícios, chegando a ultrapassar alguns dos países com níveis de implementação de BIM mais consolidados (McGraw&Hill 2014).

Apesar da atração que tecnologia inovadora provoca nos mercados, a tecnologia por si só não é suficiente para convencer a organizações a investirem no BIM. Interessa por isso analisar o retorno do investimento (ROI) que as empresas conseguem com a implementação de BIM. De acordo com um estudo realizado em 2014 (McGraw&Hill 2014), três quartos dos empreiteiros reportaram um retorno positivo do investimento em BIM, sendo estimado entre 10% e 25%. O ROI aumenta proporcionalmente com o nível de experiência e habilidade com a tecnologia BIM e com o compromisso a usar a metodologia na maior parte dos trabalhos.

É também importante que utilizadores que estejam a dar os primeiros passos no que toca ao uso de BIM nas suas profissões necessitam de ter medidores de desempenho para comparar os seus projetos pré-BIM e os projetos posteriores à introdução da tecnologia BIM, por forma a poder calcular os benefícios que a utilização desta metodologia pode trazer ao seu trabalho e à sua empresa para poder concluir se a implementação de BIM levou acrescentos, se houve um retorno positivo do investimento e a sua quantificação.

É relevante perceber as vantagens que os utilizadores retiram da utilização da metodologia BIM. Na Figura 10 apresentam-se os benefícios do uso de BIM considerados mais importantes para as empresas de construção.

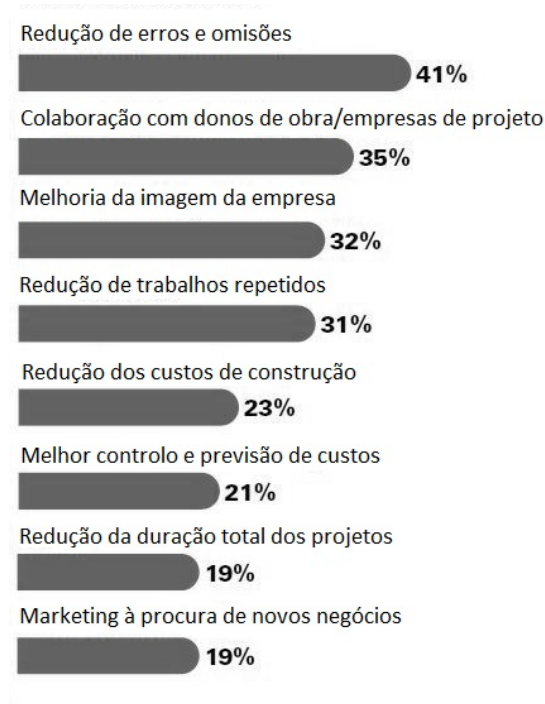


Fig. 10 – Empreiteiros apontam os principais benefícios do uso de BIM para as empresas de construção, adaptado de (McGraw&Hill 2014)

Entre muitas vantagens que os empreiteiros reconhecem à metodologia BIM, os que são apontados como os maiores benefícios para as empresas são a redução de erros e omissões e a redução das repetições de trabalho. Estes são benefícios que têm um impacto imediato no retorno de investimento positivo. Redução do custo de construção, redução da duração do projeto e melhorias do ponto de vista da segurança em obra são outras das vantagens apontadas. A capacidade de envolver todos os participantes num ambiente colaborativo através do uso da tecnologia BIM é também um dos grandes benefícios para o projeto.

Quanto mais enraizado for o uso do BIM na empresa e o compromisso com a tecnologia, maiores serão os benefícios retirados pelas empresas e mais positivo será o retorno do investimento na tecnologia BIM. Metades dos empreiteiros com um elevado nível de implementação de BIM nas suas empresas afirmam ter um retorno de investimento acima dos 25%, reduzindo os custos de repetição dos trabalhos em 40% ao passo que com um nível de utilização mais baixo apenas 11% dos empreiteiros têm retornos dessa dimensão.

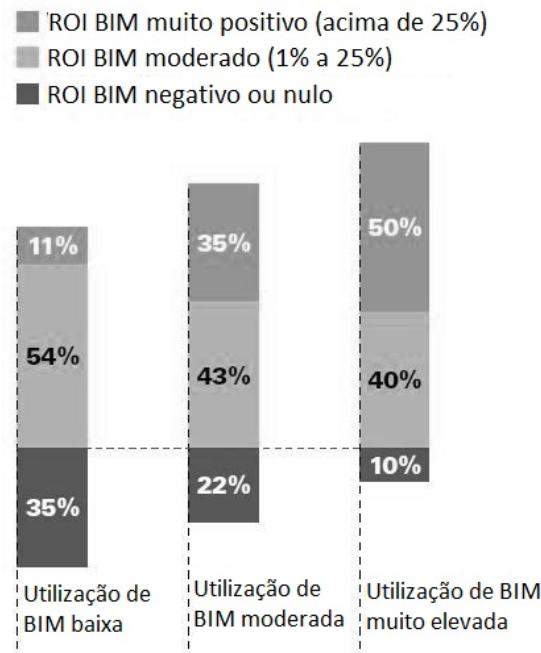


Fig. 11 – Impacto do nível de implementação do BIM nas empresas no ROI, adaptado de (McGraw&Hill 2014)

Os empreiteiros por todo o mundo estão agora a focar-se maioritariamente em investir na melhoria dos processos colaborativos internos bem como na formação dos recursos humanos e em *software*. Das empresas com um nível de implementação muito elevado, 61% afirmam que estão agora focados em melhorar os *tablets* e os aparelhos móveis de modo a permitir levar o valor do BIM ao *staff* no terreno.

Uma vasta parte dos empreiteiros na Europa utiliza a tecnologia BIM há já vários anos. Na Alemanha, França e Reino Unido, 12% já usa há seis ou mais anos, sendo que no Reino Unido 19% afirma já usar há mais de 10 anos. Estes últimos dados sustentam um crescimento sólido nos últimos anos, já que um estudo realizado em 2010 reportava que apenas 24% dos empreiteiros nestes três países usava BIM. Na América do Norte a adoção de BIM cresceu significativamente nos últimos anos e já ultrapassa os 70%, sendo que nos Estados Unidos e Canadá 36% afirma já usar BIM há seis anos ou mais.

A expansão do BIM tem representação a nível mundial, pois pode-se notar que em países como a Austrália, Coreia do Sul ou Japão a maior parte dos empreiteiros usa BIM há mais de três mas menos de seis anos, o que é explicável com a mais recente adoção da tecnologia mas simultaneamente sinais de um rápido crescimento.

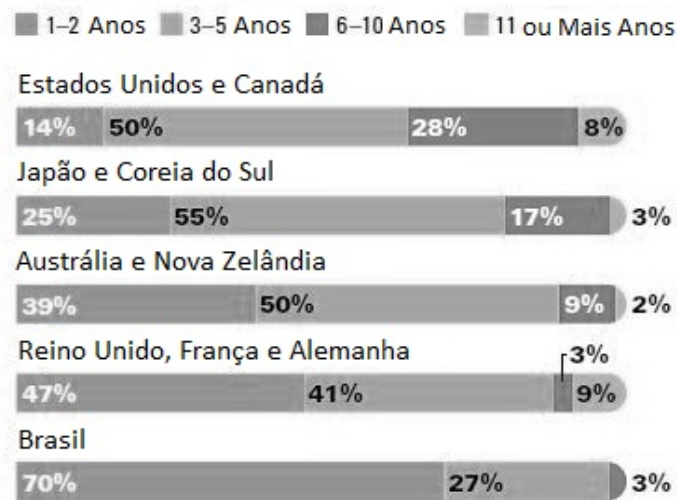


Fig. 12 – Extensão de tempo que os empreiteiros de cada país ou região vêm a usar a tecnologia BIM, adaptado de (McGraw&Hill 2014)

Em todas as regiões continua a haver crescimento, já que 20% do total de utilizadores têm menos de um ano de experiência. A metodologia BIM é cada vez mais importante no setor da AEC. Os empreiteiros esperam que ao longo dos próximos dois anos a percentagem do seu trabalho que envolve BIM suba em média 50% (McGraw&Hill 2014).

As entidades governamentais por todo o mundo estão a promover a adoção de BIM para reduzir os desperdícios em obras públicas e mesmo para promover a sua utilização numa reforma do setor da construção que inclui esforços de redução de custos e estratégias para dar resposta às alterações climáticas.

2.7.1 BIM NA ESCANDINÁVIA

Na Noruega, a entidade que gere as edificações possuídas pelo estado obrigou ao recurso à metodologia BIM ao longo do ciclo de vida dos seus edifícios. Desde 2010 que todos os projetos desta entidade usam o formato IFC nos seus projetos para garantir a interoperabilidade no setor das construções. A agência governamental norueguesa, *Statsbygg*, criou a normativa *Statsbygg BIM Manual* e requer BIM para todos os projetos públicos (Wong, Wong, e Nadeem 2010).

Na Finlândia, a agência que gere as propriedades do estado, *Senate Properties*, obrigou ao uso de BIM nos seus projetos desde 2007. A normativa em vigor é *National Common BIM Requirements* (COBIM) que foi publicada em 2007 (Wong, Wong, e Nadeem 2010).

Muitos projetos públicos na Dinamarca e na Suécia também obrigam ao recurso ao BIM. A grande adoção de ArchiCAD como uma ferramenta BIM de desenho e o grande recurso ao formato IFC para partilha de ficheiros e informações levou a uma rápida implementação de BIM no setor da construção nos países da Escandinávia.

Um inquérito levado a cabo na Finlândia em Janeiro de 2007 mostrou que o uso de desenho manual por parte de projetistas estava a cair em 55% ao passo que o desenho computadorizado a 2D estava a cair 32%. Em contraponto, o uso de BIM estava apontado a crescer até aos 85% mas incluindo os sistemas CAD que usem dados 3D e o uso das visualizações 3D. Nesse mesmo inquérito foi estimado

que 93% dos arquitetos usava BIM em algumas partes dos seus projetos e o rácio de uso por parte dos engenheiros era 60% (Howard e Björk 2008). A Finlândia é reconhecida o líder mundial em avanços nesta área de implementação de tecnologias BIM no setor da construção e demonstraram um excelente exemplo prático da implementação de BIM (Khosrowshahi e Arayici 2012).

Houve um grande compromisso do setor público na Finlândia no sentido de acelerar e agilizar a implementação do BIM. A empresa pública que gere as edificações do Estado, a *Senate Properties*, decidiu já desde Outubro de 2007 que todos os modelos usados nos seus projetos deviam estar de acordo com as normas IFC, criando ainda orientações à modelação onde especificavam os requisitos ao nível do conteúdo de dados que devia estar presente em cada uma das etapas do projeto. Essas orientações cobrem os princípios gerais de modelação em projetos de construção, no desenho de arquitetura, no desenho de estruturas e no desenho dos serviços do edifício (Wong, Wong, e Nadeem 2009).

Na Dinamarca, desde janeiro de 2007 que arquitetos, desenhadores e empreiteiros que participem em projetos públicos têm de utilizar determinadas ferramentas e métodos digitais. Esta iniciativa foi também acompanhada do desenvolvimento de relatórios e orientações. O uso de modelos 3D nos projetos está correspondida de acordo com o preço do projeto, nos projetos mais onerosos os modelos 3D tem que cumprir certos requisitos e atingir determinados níveis de informação contida para as diversas fases. Recomendam ainda a troca e a partilha de modelos para ocorrer segundo as normas IFC. Alguns municípios e clientes privados exigem a utilização de modelação baseada em objetos nos seus projetos (Wong, Wong, e Nadeem 2009).

2.7.2 BIM NO REINO UNIDO

No Reino Unido a implementação das tecnologias BIM não foi tão expedita como nos países escandinavos e por isso foram realizados estudos e criadas medidas de apoio ao desenvolvimento dessa implementação e no sentido de atingir níveis de maturidade mais elevados. A indústria da construção no Reino Unido em 2012 estava claramente na fase 1 do nível de maturidade. (Khosrowshahi e Arayici 2012).

O governo teve um papel ativo de forma a acelerar a implementação de BIM no país e declarou que de 2014 em diante todos os projetos públicos concedidos iriam solicitar aos membros da cadeia de projeto um trabalho cooperativo baseado nas metodologias BIM (Bryde, Broquetas, e Volm 2013). Esta medida gerou que uma vasta parte dos empreiteiros (24%) fosse forçada adotar a metodologia BIM.

As reformas introduzidas pelo governo implicam que a partir de 2016 será obrigatório apresentar todos os projetos num modelo BIM, com toda a informação, dados e documentação associada. Foi ainda criado um grupo de apoio aos trabalhos com BIM para prestar assistência aos técnicos durante a transição das práticas tradicionais correntes para a metodologia BIM e a entrega dos projetos de forma eletrónica até todas as entidades estarem no nível 2 de maturidade BIM (McGraw&Hill 2014).

O principal objetivo desta estratégia governamental é reduzir os custos monetários e as emissões de dióxido de carbono da construção e manutenção dos edifícios, a partir do princípio que o uso de BIM vai permitir uma maior eficiência dos projetos graças à deteção dos conflitos dos projetos numa fase prematura do *design*, a um maior recurso à pré-fabricação de componentes e ao permitir uma solução pensada e testada para uma construção e manutenção sustentáveis.

O BSI (Instituto dos *Standards* Britânico) criou uma norma designada PAS 1192-2 que é uma especificação disponível publicamente que define pontos-chave de trocas entre os intervenientes em

diferentes fases de um projeto de edifícios e como essa troca de informação se deve proceder quando esses pontos-chave são atingidos. Esta especificação cria uma estrutura clara para a gestão de informação do projeto ao identificar os itens a produzir e entregar, como Plano de Execução BIM ou modelo BIM 3D, quando devem ser produzidos, que fontes de informação foram utilizadas e para que podem ser usados. Outras entidades também estão a ter um papel fundamental ao criar uma série de cursos para práticas BIM e indicações que vão de encontro aos documentos criados pelo governo (McGraw&Hill 2014).

O crescimento do uso de BIM em 136% pode ser atribuído às imposições governamentais que vão começar a ter efeito em 2016 (Dodge 2015)

2.7.3 BIM NOS ESTADOS UNIDOS

A adoção de BIM nos Estados Unidos escalou desde 28% em 2007 para 71% em 2012, sendo que três em cada quatro empreiteiros recorrem a esta metodologia nos seus trabalhos, ultrapassando os arquitetos (70%) e os engenheiros (67%). A dimensão das empresas também é relevante pois 90% das médias a grandes empresas utilizam a tecnologia BIM ao passo que apenas 49% das pequenas empresas utilizam o BIM. Estes números tornam-se ainda mais relevantes no contexto económico do período em questão, pois vão contra o princípio de cortar no investimento em períodos de recessão (McGraw-Hill 2012).

A quantidade de trabalhos realizados com BIM tem crescido e nota-se uma vontade dos utilizadores em aumentar esse volume de trabalhos em que recorrem à tecnologia BIM uma vez que 58% afirmam ter esse objetivo. Há ainda mais especialistas nesta matéria na indústria. Metade dos utilizadores em 2012 tem cinco ou mais anos de experiência, o dobro dos níveis de 2009.

A nível do retorno de investimento, 62% de todos os utilizadores de BIM tiveram retornos positivos do investimento em BIM, sendo que no grupo dos empreiteiros três a cada quatro reportaram um retorno positivo. O aumento dos lucros entre 2009 e 2012 foi mesmo o benefício BIM mais valorizado pelos utilizadores. O aumento da interoperabilidade e funcionalidade entre *software* é o fator que os utilizadores apontam como o que faria aumentar ainda mais o valor do BIM (McGraw-Hill 2012).

A nível de investimentos, os utilizadores referem o desenvolvimento do processo colaborativo BIM e a estrutura de comunicação para melhorar o processo de partilha de modelos BIM como as áreas preferenciais de investimento e a desenvolver.

A importância das capacidades BIM na seleção de uma equipa de projeto é cada vez mais importante para as empresas. A maioria dos utilizadores admite que procura experiência em BIM aquando da construção de equipas de projeto, 28% exige mesmo que as outras empresas tenham experiência com BIM (McGraw-Hill 2012).

Os níveis de implementação BIM demonstram bem a evolução do BIM nos Estados Unidos. O maior grupo em 2009 era o de utilizadores que recorriam ao BIM em menos que 15% dos seus trabalhos, o que demonstra uma utilização pontual, quase experimental a fim de determinar se o BIM lhes iria trazer benefícios. Em 2012 esse era já o maior grupo, o que prova um crescimento da aposta em BIM por parte das empresas que adotaram a tecnologia, fator que era expetável que crescesse ainda mais até 2014, o que demonstra um compromisso com o BIM por parte das empresas que adotaram esta metodologia (McGraw-Hill 2012).

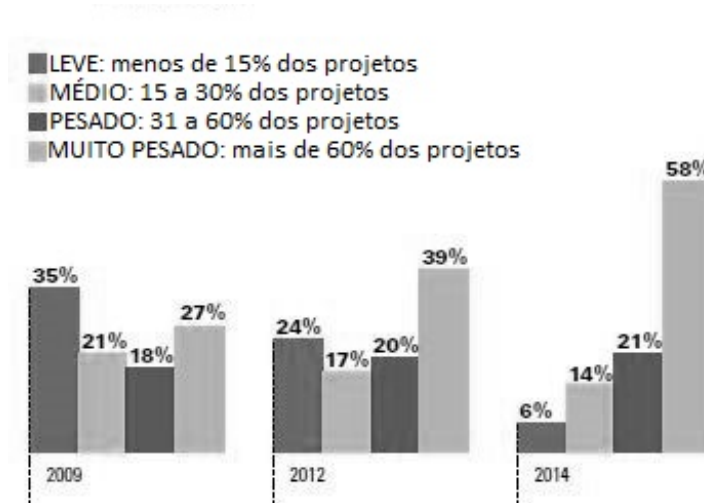


Fig. 13 – Evolução dos níveis de implementação BIM nos Estados Unidos, adaptado de (McGraw-Hill 2012)

Nos Estados Unidos da América a agência responsável pelo edificado governamental já vai exigindo a utilização do BIM através de um programa com o gabinete dos arquitetos dos edifícios de serviço público. As regras de normalização existentes (NBIMS) continuam a ser desenvolvidas e atualizadas. Apesar de ainda não ser uma norma exigida é suportada por grande parte dos principais vendedores de *software* e pelas maiores firmas de *design* e empresas de construção. A normalização referida é baseada na partilha de informação com recurso ao formato aberto IFC (McGraw-Hill 2012).

Especialistas apontam que a chave para o crescimento do BIM na indústria da construção passa por conseguir que os donos de obra e os fabricantes se envolvam mais no processo. Quando os clientes perceberem os benefícios que o uso de um modelo BIM com a base de dados e a informação que lhe está associada na construção lhes pode trazer a nível de operação e manutenção do edificado vão começar a exigir a que o projeto seja executado com recurso ao BIM (McGraw-Hill 2012).

Na figura posterior são visíveis as diferenças entre os custos de alterações aos projetos em função da utilização de BIM. Os resultados do estudo realizado nos Estados Unidos da América mostram que num panorama geral quanto mais colaborativo for o trabalho em BIM mais substancial é a redução de custos associada.

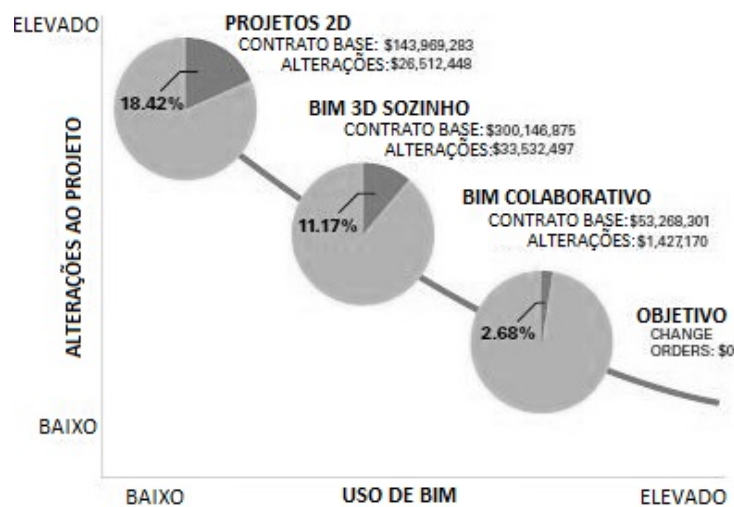


Fig. 14 – Custo de mudanças no projeto em função da utilização de BIM nos Estados Unidos, adaptado de (McGraw-Hill 2012)

Os fatores que provocam um crescimento do nível de implementação de BIM dependem dos intervenientes. Para os arquitetos é a procura, uma vez que estes já têm níveis elevados de adoção e perícia o fator que levaria ao crescimento seria mais clientes a exigirem a utilização da metodologia BIM nos projetos. No grupo dos engenheiros o fator chave é o aumento da funcionalidade dos *software* BIM. Os engenheiros tiveram que se adaptar a um *software* que foi inicialmente concebido a pensar no projeto de arquitetura e por isso uma melhoria das ferramentas, processos e conteúdos mais moldados às suas necessidades levariam ao crescimento da implementação da utilização de ferramentas BIM. Já para os empreiteiros o fator chave é uma maior definição de ficheiros a entregar e partilhar dentro da equipa, uma vez que recebem os modelos BIM no final do processo de *design* e procuram uma maior clareza nos modelos e ficheiros nomeadamente na partilha de informações. Para os donos de obra o fator mais importante para o crescimento da implementação da utilização de metodologia BIM é também uma maior definição de ficheiros a entregar e partilhar entre os intervenientes, de forma a reduzir os riscos e potenciar os resultados do projeto (McGraw-Hill 2012).

Os principais benefícios apontados pelos não utilizadores que os levariam a considerar adotar BIM são a redução do número de problemas de coordenação, a melhoria da comunicação entre as entidades, redução do tempo de projeto, melhoria da precisão dos documentos de construção e redução dos custos de construção.

Especialistas apontam como necessidades que a tecnologia BIM precisa de desenvolver para ter um crescimento mais efetivo da sua implementação na indústria a verificação de modelos para validar a informação que este contém e o planeamento de operações críticas, bem como uma melhoria da interoperabilidade entre diferentes *software* (McGraw-Hill 2012).

A necessidade de guias de boas práticas e normalização BIM é cada vez maior com o aumento da adoção de metodologias BIM. Nos Estados Unidos da América foram desenvolvidos esforços nesse sentido para ajudar a definir melhor os processos colaborativos em 2007 e 2008, quando muitas empresas estavam a começar a adotar BIM e ferramentas BIM nos seus processos de trabalho e o BIM era uma ferramenta emergente. Como as empresas estavam a dar os primeiros passos, a normalização produzida e os guias de boas práticas eram muito flexíveis uma vez que a tecnologia e as técnicas ainda estavam a evoluir. Com a evolução da tecnologia e com o BIM a tornar-se uma prática corrente

no setor, foram desenvolvidas melhores práticas e atualizadas as normas para as tornar mais compreensivas e ajustadas às necessidades da indústria. As inúmeras iniciativas para desenvolver normas BIM resultaram na norma *National Building Information Modeling Standards* (NBIMS) (Wong, Wong, e Nadeem 2010).

Na Figura 15 apresenta-se uma esquematização do processo utilizado para desenvolver as normativas BIM segundo a abordagem utilizada pelas NBIMS. Este processo pode ser replicado para criação de normas nacionais noutros países:

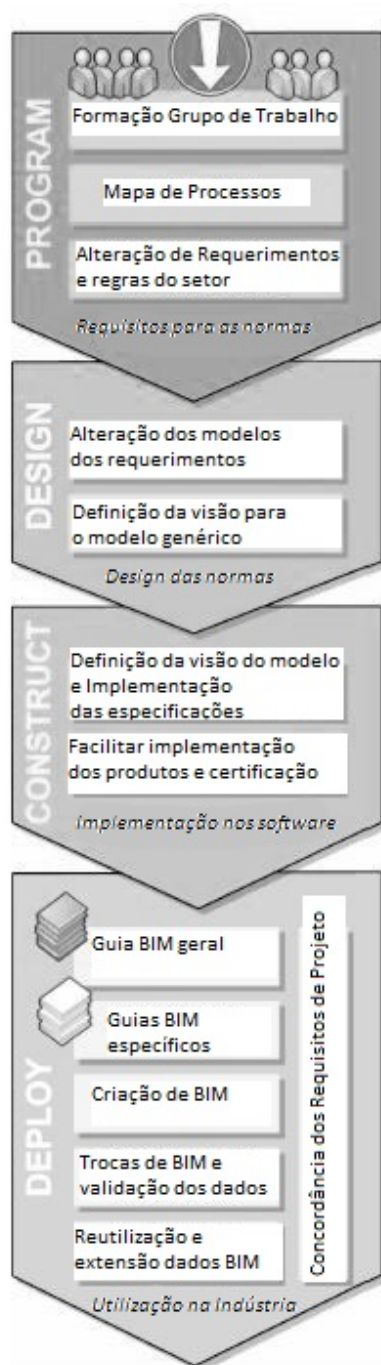


Fig. 15 – Esquematização do processo de desenvolvimento das normas NBIMS, adaptado de (Eastman et al. 2009)

2.7.4 BIM NA SINGAPURA

A Singapura foi o primeiro país do mundo a implementar um sistema de informático baseado em BIM para a entrega de projetos. A autoridade para a construção e edificação liderou um esforço conjunto com várias agências em 2008 para criar a norma, designada *Singapore BIM guide* (Wong, Wong, e Nadeem 2010).

Esta norma foi considerada como a que contém informação mais completa no que diz respeito aos detalhes sobre os elementos do modelo quando comparada com outras normativas e guias de boas práticas (Likhitrungsilp e Ruangpin). No entanto, normas que especifiquem demasiado os elementos componentes do modelo pode levar a modelos demasiado grandes e pesados que se podem tornar difíceis de gerir.

Na Singapura, é possível submeter os projetos através de um sistema informáticos e a verificação dos planos é feita informaticamente, que exigem o uso do BIM e o seguimento das normas IFC. As normalizações adotadas são baseadas nas orientações da Aliança Internacional para a Interoperabilidade (IAI) (Wong, Wong, e Nadeem 2009).

A Singapura foi um país pioneiro a adotar uma solução de licenciamento automático. Na altura em que foi pensada muitos intervenientes do setor não tinham sequer conhecimento que havia uma alternativa à tecnologia CAD. O projeto designado por CORENET (*CO*nstruction and *RE*al Estate *NE*Twork) foi lançado em 1995 para impulsionar o setor da construção e o setor imobiliário no novo milénio (Khemlani 2011).

Este sistema é baseado na submissão de entregáveis de projeto através da internet e os seus benefícios são vários, destacando-se a simplificação do trabalho das entidades licenciadoras e a rapidez de processamento do licenciamento, o que resulta numa melhoria da eficiência e produtividade na gestão e processamento das submissões e consequentemente a um incremento da qualidade do serviço público prestado.

Em Setembro de 2000 foi lançado o projeto de verificação de projetos, o *e-PlanCheck*, baseado no formato aberto IFC para suportar a interoperabilidade entre as aplicações usadas para o desenho, construção e operação dos edifícios pelos indivíduos das diferentes disciplinas (Khemlani 2011).

O licenciamento automático introduzido por este sistema facilita imenso a verificação dos projetos, tornando este processo mais rápido, mais preciso e menos trabalhoso. Saliente-se que a iniciativa das entidades governamentais foi tomada em 1995, há duas décadas, podendo-se por isso elogiar o pensamento visionário das entidades singapurenses.

2.7.5 BIM NA CHINA

Com um mercado na área da construção avaliado em 2 trilião de dólares em 2013 (Dodge 2015), a China tem potencial para retirar imensos benefícios da implementação das metodologias BIM. Em 2012 a percentagem de empresas com BIM implementado era de apenas 15%, de acordo com um inquérito publicado em 2013 pela Associação da Indústria da Construção Chinesa (McGraw&Hill 2014).

No entanto, há muitos obstáculos que vão retardando a adoção de BIM por parte das empresas chinesas. Além da tradicional resistência à mudança, há desenvolvimentos do BIM que não são atrativos para alguns dos intervenientes no projeto, pois vão criar conflitos com benefícios desses

intervenientes, como por exemplo a transparência e grau de precisão conseguidos com o uso das tecnologias BIM vão retirar flexibilidade na orçamentação da obra. A legislação é também um entrave, uma vez que obriga a separação das fases de projeto e de construção, havendo assim uma menor oportunidade para o trabalho colaborativo que o uso das metodologias BIM permite. Outros problemas são a falta de interoperabilidade entre os sistemas de *software* e a falta de recursos humanos especializados na utilização das ferramentas BIM.

Especialistas acreditam que o motor para uma adoção mais generalizada de BIM deve ser o dono de obra, ao colocar a integração da modelação em BIM como um requisito para o projeto (Dodge 2015). A exigência por parte dos donos de obra pode vir a ser chave para o crescimento da adoção de BIM, assim como as vantagens associadas à gestão de operação. A ligação do BIM à gestão e operação, reduções de custo, aumento da eficiência e suporte de informação para essa fase de manutenção e operação do edifício é fulcral para essa implementação porque os donos de obra percebem que essa metodologia pode-lhes reduzir significativamente os custos de operação do edificado e no setor da construção, tal como em qualquer mercado, o capital é porventura o fator mais tido em conta nas decisões tomadas pelos intervenientes.

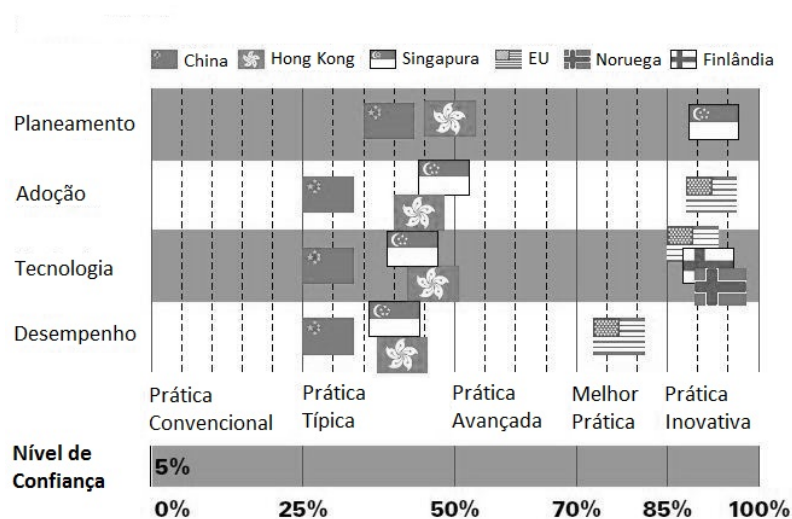


Fig. 16 – Comparação de áreas do grau de maturidade BIM de alguns países asiáticos com os líderes mundiais, adaptado de (McGraw&Hill 2014)

As entidades locais e nacionais chinesas já reconheceram que a normalização BIM pode ser muito valiosa para promover a adoção de BIM no país. Em 2012 foi criada a *China BIM Union* com o objetivo de vir a criar normas BIM, promover a implementação de BIM e conduzir investigação para benefício da indústria nacional. Com o apoio de diversas organizações foram desenvolvidas várias normas nacionais (Dodge 2015).

A normalização *Unified Standard* incorpora diversas normas para a fase de projeto e construção, a *Classification and Coding Standard* incorpora uma estrutura organizacional para normalizar a codificação do edifício, do projeto e da construção, a *BIM Delivery Standard* regula o nível de desenvolvimento (LOD), estimativas de custo e trocas de informações na fase de projeto e a *Storage Standard* disponibiliza guias de utilização e processos para estabelecer uma infraestrutura tecnológica de informação para dar suporte à gestão de dados BIM e à utilização desses dados ao longo do ciclo de vida do projeto (Dodge 2015).

A partir de 2016 as normas BIM vão estar disponíveis para auxiliar e guiar o mercado crescente e a partir de 2017 o uso de BIM vai ser obrigatório em grandes projetos com investimento público. O governo chinês acredita que essa obrigação em projetos governamentais vai gerar uma promoção e difusão do BIM na indústria local (Dodge 2015). É ainda esperado que as normas e regras impostas pelo governo aumentem a confiança e a dissipar as dúvidas das empresas e instituições mais hesitantes em implementar as metodologias BIM nos seus processos de trabalho e ajudem à transformação que vai ocorrendo na indústria da construção.

Estas normalizações são uma fundação para o amadurecimento da implementação de BIM na China. Desenvolver abordagens na educação profissional e uma aposta nas tecnologias de apoio também são importantes mas o fator crítico é a reforma do processo tradicional de projeto, tanto a nível empresarial como governamental no sentido de maximizar os benefícios da implementação de BIM. Com um processo BIM mais padronizado, pode-se conseguir mais qualidade e produtividade e a tecnologia vai ser mais acessível, trazendo mais benefícios ao setor da construção.

2.7.6 BIM NA COREIA DO SUL

Apesar das metodologias BIM serem relativamente recentes na Coreia do Sul, seis em cada dez intervenientes na indústria já usam BIM em algum nível dos seus trabalhos. É uma percentagem de utilização que apesar de ser inferior à da norte-americana é superior à dos países da Europa Ocidental. Dos utilizadores de BIM o nível de especialistas é 28% e apenas 13% dos utilizadores sul-coreanos utilizam BIM em mais do que 60% dos seus trabalhos (Lee, Lee, e Jones 2012).

Os arquitetos são a entidade que tem o rácio mais elevado de utilização (74%), seguido dos empreiteiros com 65% ao passo que apenas 38% dos engenheiros já adotou BIM para os seus trabalhos.

Na Coreia do Sul os clientes são apontados como os principais beneficiários do uso do BIM, no entanto são os engenheiros que apesar de terem o nível de adoção mais baixo de todos os intervenientes admitem que são os que têm um retorno maior do investimento em BIM. Os arquitetos também são vistos como grandes beneficiários da utilização de BIM. A maioria dos utilizadores (59%) reportaram ter retorno positivo do investimento. As empresas com maior dimensão são as que tem um maior nível de adoção e isso também se verifica na Coreia do Sul (78%). Desenvolver processos de colaboração BIM internos é vista como a prioridade máxima de investimento (Lee, Lee, e Jones 2012).

Apesar do nível de adoção na Coreia ser já bastante significativo, o nível de implementação de BIM ainda não é muito profundo. Apenas 13% dos utilizadores sul-coreanos usa BIM em mais do que 60% dos trabalhos (medida de classificação usada pelo estudo para a classificação do nível de implementação avançado). Seis em cada dez utilizadores sul-coreanos usa BIM em menos de 15% dos seus projetos, o que é classificado como um nível de implementação ainda bastante superficial.

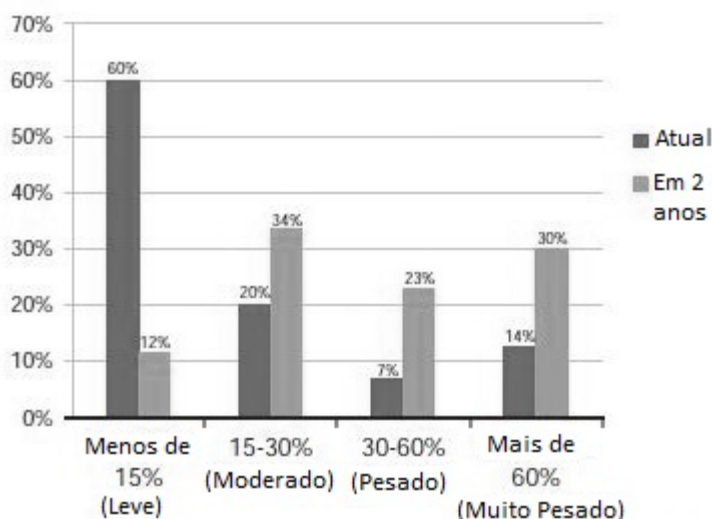


Fig. 17 – Nível de implementação BIM na Coreia do Sul em 2012 e a previsão para 2014, adaptado de (Lee, Lee, e Jones 2012)

Em 2012 os utilizadores de BIM na Coreia do Sul estavam a prever mais do que duplicar o uso de BIM nos seus trabalhos até 2014, como está ilustrado na figura anterior, o que expressa um progresso sustentado.

Um dado que está relacionado com o nível avançado de implementação de BIM é o número de especialistas. Na Coreia do Sul 33% dos técnicos especialistas e 48% dos utilizadores avançados estão num nível de implementação avançado ao passo que 76% dos iniciantes e 67% dos utilizadores moderados estão num nível superficial de implementação BIM (Lee, Lee, e Jones 2012).

Os membros da indústria que ainda não usam BIM identificam a falta de formação como o principal obstáculo à adoção da tecnologia, apresentando ainda outros motivos como o elevado custo do *software* e a dificuldade em utilizá-lo, a falta de bibliotecas de conteúdos adequadas às necessidades dos utilizadores ou a não exigência de BIM da parte dos clientes. Apesar das dificuldades, o impacto e a relevância das metodologias BIM neste país é tal que 47% dos não-utilizadores de BIM reconhecia em 2012 que o BIM vai ser importante ou muito importante para a indústria da construção em cinco anos. Esta visão otimista é atribuída aos esforços desenvolvidos pelo governo no sentido de aumentar a adoção de BIM e à tendência cultural dos sul-coreanos para adotarem rapidamente as inovações tecnológicas que vão surgindo (Lee, Lee, e Jones 2012).

2.8. BIM EM PORTUGAL

Em Portugal há ainda pouca literatura sobre a adoção da metodologia BIM no setor da construção e esse conhecimento é fundamental para que se possa perceber se o setor se encontra preparado para receber as ferramentas BIM e para se considerar se devem haver incentivos para acelerar essa adoção. Um dos entraves colocados à adoção de BIM prende-se com os elevados custos não só pela aquisição de *software* BIM mas também pela formação dos recursos humanos para lidar com essas ferramentas.

O inquérito realizado ao setor da construção por Venâncio (Venâncio 2015), em que este trabalho se baseia, permitiu retirar algumas conclusões sobre o estado de implementação da metodologia BIM em

Portugal. O BIM em Portugal está ainda numa fase embrionária, com 47,5% dos respondentes a não terem conhecimento do conceito BIM. Saliente-se que há um interesse na metodologia BIM, uma vez que 85,2% acredita que é importante aprofundar o conhecimento sobre BIM.

O esquema apresentado na Figura 17 ilustra que a implementação da metodologia BIM em Portugal está ainda numa fase inicial. Apenas 48 respondentes em 379 afirmam ter implementado BIM e desses 48 apenas 26 declara que está num nível de maturidade BIM 2, sendo que apenas um declara estar num nível de maturidade BIM 3.

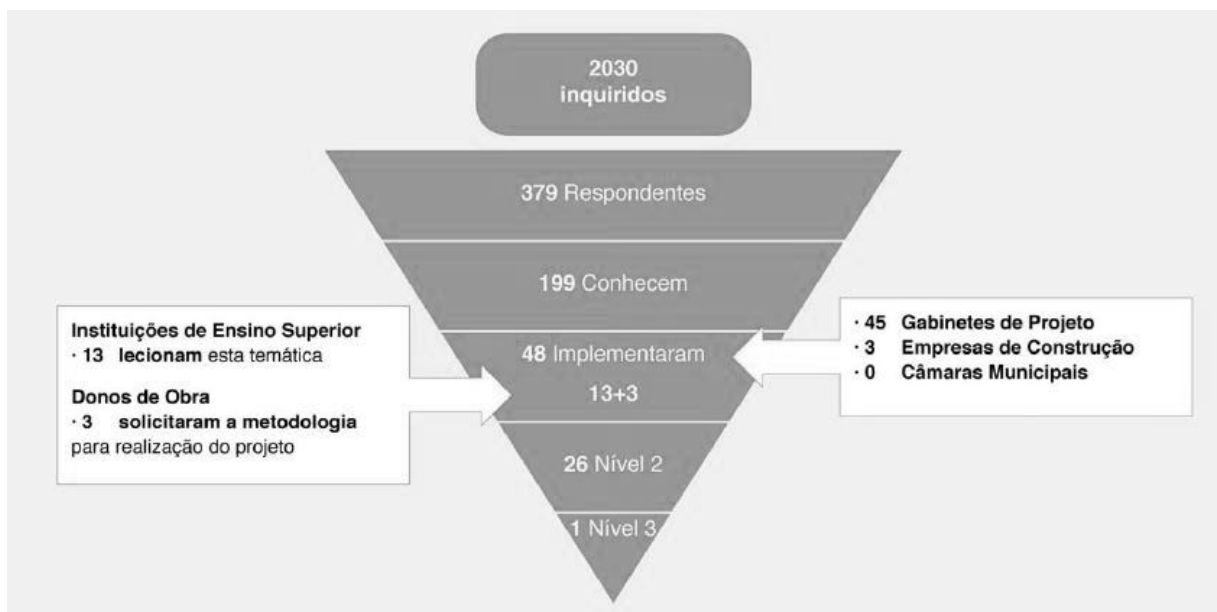


Fig. 18 – Esquematização do desenvolvimento do inquérito (Venâncio 2015)

Perante a corrente situação, uma estratégia de implementação que se limite à adoção dos modelos europeus e normalização dos processos não deverá ter níveis de adesão muito significativos, uma vez que os tradicionais processos de produção estão ainda distantes da construção industrializada. Será mais aconselhável um trabalho de divulgação e formação que demonstre a qualidade do produto final que a metodologia BIM pode oferecer (Venâncio 2015).

Já foi destacada uma comissão técnica, a CT 197, coordenada pelo Instituto Superior Técnico, que está a trabalhar a normalização BIM portuguesa. Estes trabalhos incidem no desenvolvimento de um sistema de classificação, modelação da informação e processos ao longo do ciclo de vida das construções (PTPC 2015). De realçar também o Grupo de Trabalho BIM (GTBIM) e o grupo BIM Fórum Portugal que têm como objetivo promover a adoção de BIM em Portugal e tem vindo a desenvolver esforços no sentido de facilitar e acelerar a implementação da metodologia BIM em Portugal.

A criação de uma normativa BIM em Portugal pode ser uma oportunidade para reestruturar o setor da construção, através da otimização dos seus processos e da contribuição para uma maior industrialização do setor.

3

CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

A indústria da construção civil é constituída por inúmeros intervenientes, dos quais foram selecionados cinco grupos para responder ao inquérito realizado por Venâncio (Venâncio 2015), que serviu de base ao corrente trabalho, os gabinetes de projeto de arquitetura e/ou engenharia, as câmaras municipais, as empresas de construção, os donos de obra e as instituições de ensino superior.

Uma vez que no decurso do corrente trabalho se pretendiam realizar estudos e análises estatísticas sobre as respostas obtidas no inquérito supramencionado para fazer uma avaliação do estado de implementação da utilização da metodologia BIM em Portugal, optou-se por fazer essas análises incidir sobre as respostas ao inquérito aos gabinetes de projeto e às câmaras municipais.

Estes grupos foram selecionados por serem as amostras com maior dimensão e assim as conclusões a extrair são mais sólidas e significativas mas também técnicas. Os projetistas são o grupo que apresentaria maior facilidade e independência na adoção de BIM e são os que mais benefícios retiram a curto prazo do investimento nesta metodologia. As câmaras municipais integram a etapa subsequente do processo de construção, o licenciamento, e por isso terão de lidar com os entregáveis BIM do projeto desenhado pelos projetistas. Além do mais, as câmaras municipais são também donos de obra grandes e importantes, pelo que estão em posição para exigir o cumprimento de determinados procedimentos e por isso é também importante estudar as suas respostas.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DOS GABINETES DE PROJETO RESPONDENTES AO INQUÉRITO

O grupo que exhibe a maior dimensão é o dos gabinetes de projeto. No inquérito mencionado anteriormente foram obtidas 190 respostas a 1430 inquéritos. Este grupo é também muito importante para o corrente estudo porque verificando o que se sucedeu noutras regiões da Europa e do mundo pode-se extrapolar que os projetistas são o grupo pioneiro na adoção de BIM e que mais interesse têm em implementar esta tecnologia pelos inúmeros benefícios que conseguem retirar do seu uso.

A distribuição geográfica dos respondentes ao inquérito pode ser contemplada no gráfico da Figura 19. Analisando os dados, verifica-se que Norte e Centro foram as regiões com maior número de respondentes.

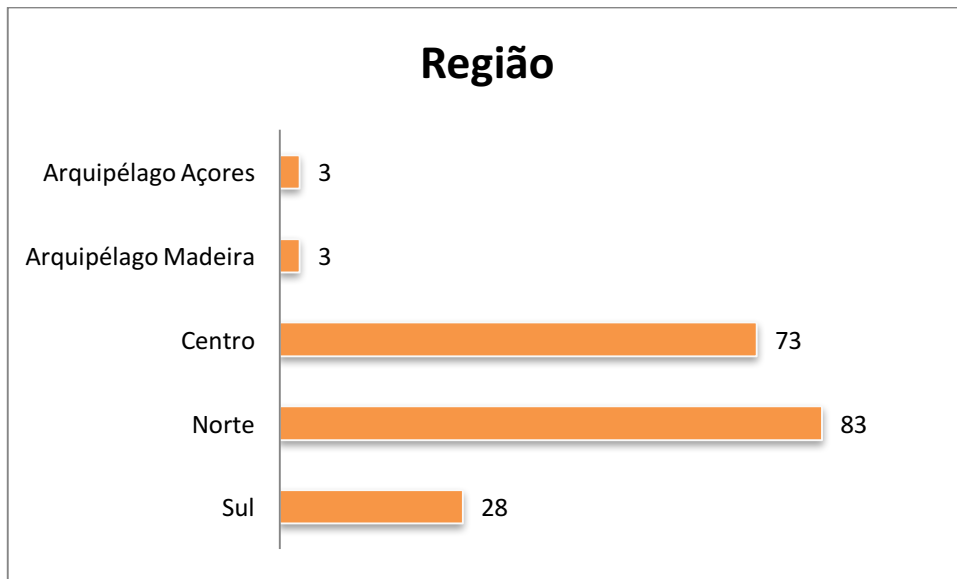


Fig. 19 – Gráfico do número de respondentes ao inquérito aos gabinetes de projeto por região, dados de (Venâncio 2015).

O grupo dos gabinetes de projetos pode ser caracterizado em função do tipo de projetos que realiza nos seus trabalhos diários. Do gráfico da Figura 20 pode-se concluir que houve mais gabinetes de projeto de arquitetura a responder ao inquérito, mas a diferença não é muito significativa.

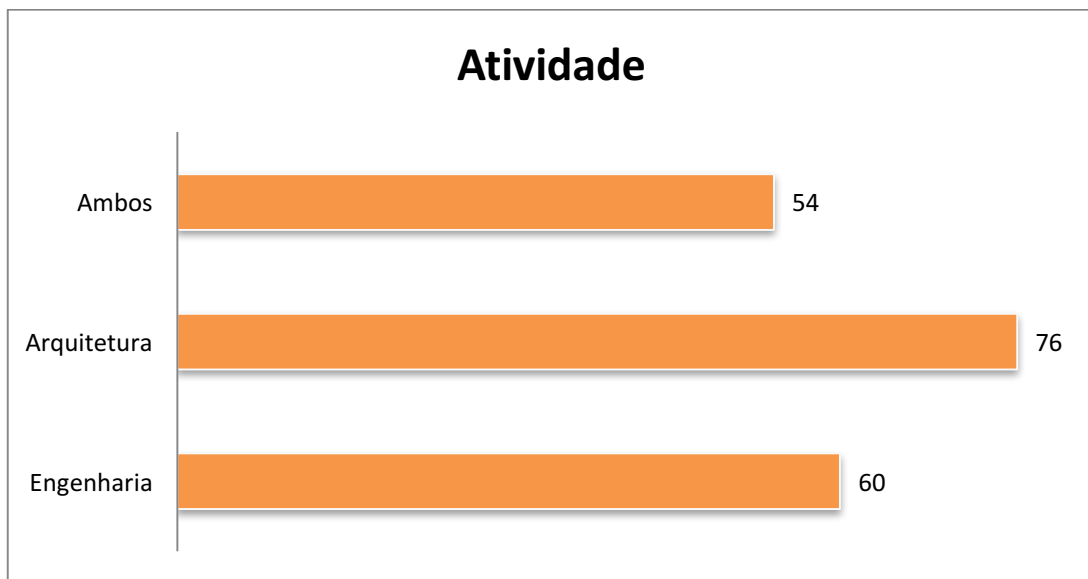


Fig. 20 – Gráfico de caracterização da atividade dos 190 gabinetes de projeto respondentes ao inquérito, dados de (Venâncio 2015)

O grupo dos gabinetes de projetos de engenharia pode ainda ser caracterizado em função da especialidade ou especialidades dos projetos que realiza nos seus trabalhos diários. Saliente-se que as organizações podem ser especializadas numa disciplina ou trabalhar em múltiplas ou até em todas as disciplinas, podendo assim selecionar uma ou mais opções na resposta ao inquérito. Através da Figura 21 verifica-se que estruturas é a especialidade mais representada.

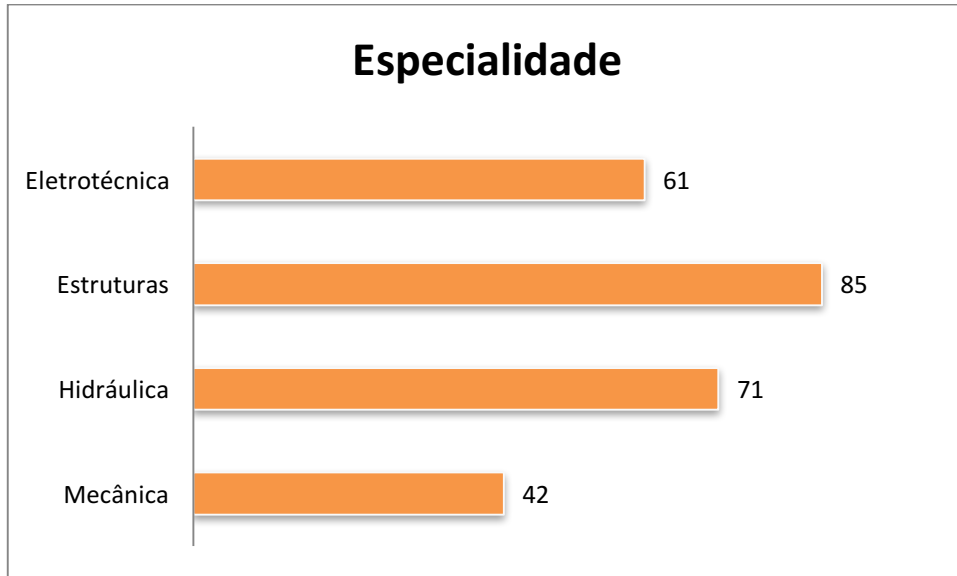


Fig. 21 – Gráfico de caracterização da especialidade dos 190 gabinetes de projeto de engenharia respondentes ao inquérito, dados de (Venâncio 2015)

O termo BIM é familiar a 114 dos respondentes ao inquérito (60%), como o gráfico da Figura 22 ilustra, o que demonstra que apesar de ser uma ferramenta que vai ganhando cada vez maior dimensão na indústria da construção é ainda desconhecida para uma parte significativa do setor.

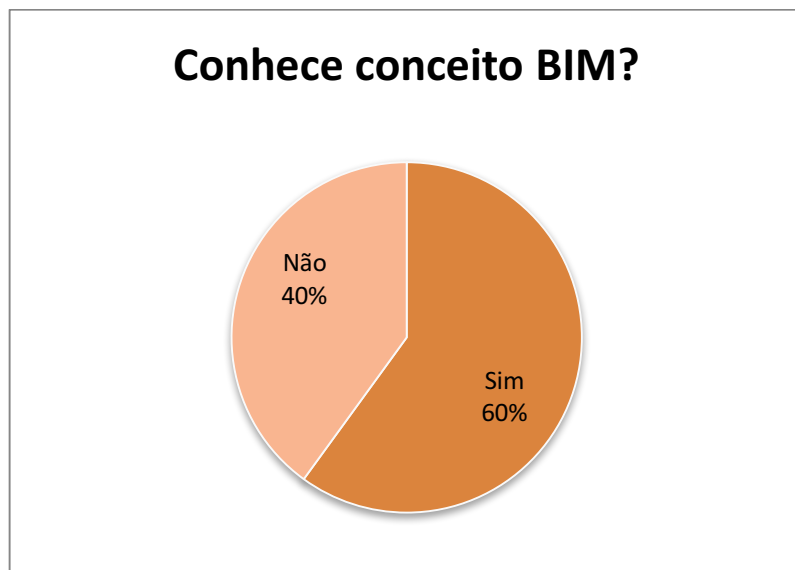


Fig. 22 – Gráfico de caracterização do conhecimento de BIM dos gabinetes de projeto respondentes ao inquérito, dados de (Venâncio 2015)

Ao grupo de 114 gabinetes de projeto que conheciam o termo BIM foi pedido para associarem o termo BIM a outros termos no sentido de tentar perceber a ideia que os respondentes tinham do que é a metodologia BIM. Os respondentes podiam assinalar múltiplas opções. No gráfico da Figura 23 estão representadas as respostas. O gráfico representa o número de vezes que cada termo foi associado ao

BIM. Da interpretação do gráfico pode-se concluir que no grupo dos gabinetes de projeto, oito em cada dez associam o termo projeto ao termo BIM.

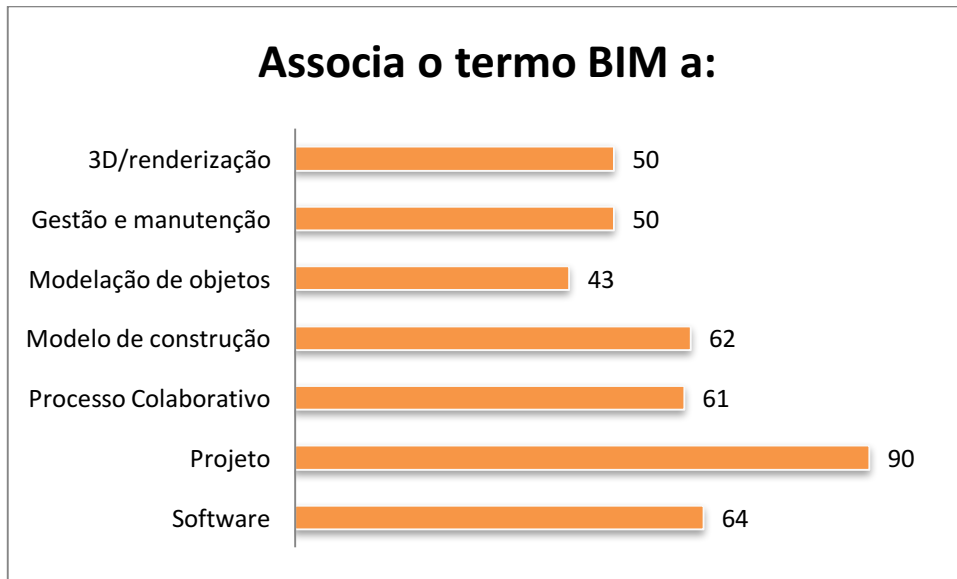


Fig. 23 – Gráfico de caracterização da associação do termo BIM a outros termos dos 114 gabinetes de projeto com conhecimento de BIM respondentes ao inquérito, dados de (Venâncio 2015)

Os inquiridos foram questionados acerca do conhecimento que tinham que há países que já exigem que os projetos sejam desenvolvidos com base na metodologia BIM e outros países cuja exigência será a muito curto prazo. Como é ilustrado pela Figura 24, sensivelmente 70% dos respondentes afirma ter conhecimento dessa exigência.

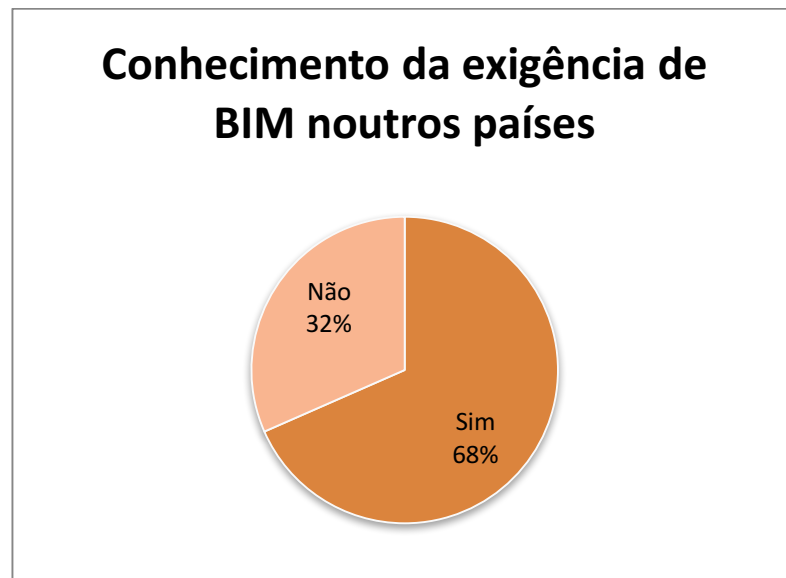


Fig. 24 - Gráfico de caracterização do conhecimento da exigência de BIM noutros países dos gabinetes de projeto respondentes ao inquérito, dados de (Venâncio 2015)

Os inquiridos foram ainda questionados se previam que seja implementada essa exigência em Portugal nos próximos 5 anos. Como se pode constatar no gráfico da Figura 25, a maioria não acredita que essa exigência vá existir, ainda que um em cada cinco acredita que vai ser exigido que os projetos sejam desenvolvidos com base na metodologia BIM.

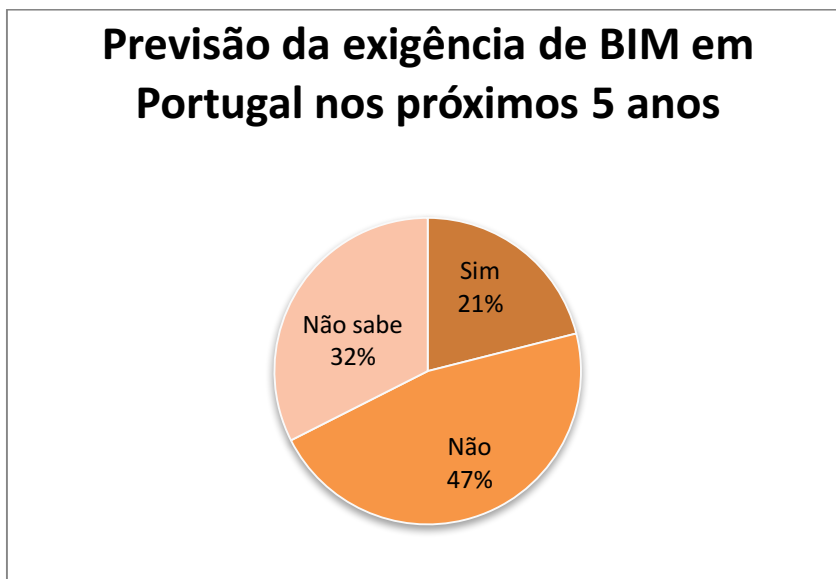


Fig. 25 - Gráfico de caracterização da previsão da exigência de BIM em Portugal nos próximos 5 anos dos gabinetes de projeto respondentes ao inquérito, de (Venâncio 2015)

A questão 20 do inquérito pedia para se avaliar a relevância que o BIM terá em cinco anos na indústria AEC. Como se pode verificar na Figura 26, nenhum dos respondentes crê que a metodologia BIM não vá ter importância no setor e apenas 11% pensam que vai ser pouco importante, ao passo que três em cada quatro acham que o BIM vai ser importante ou muito importante no setor da AEC nos próximos cinco anos.

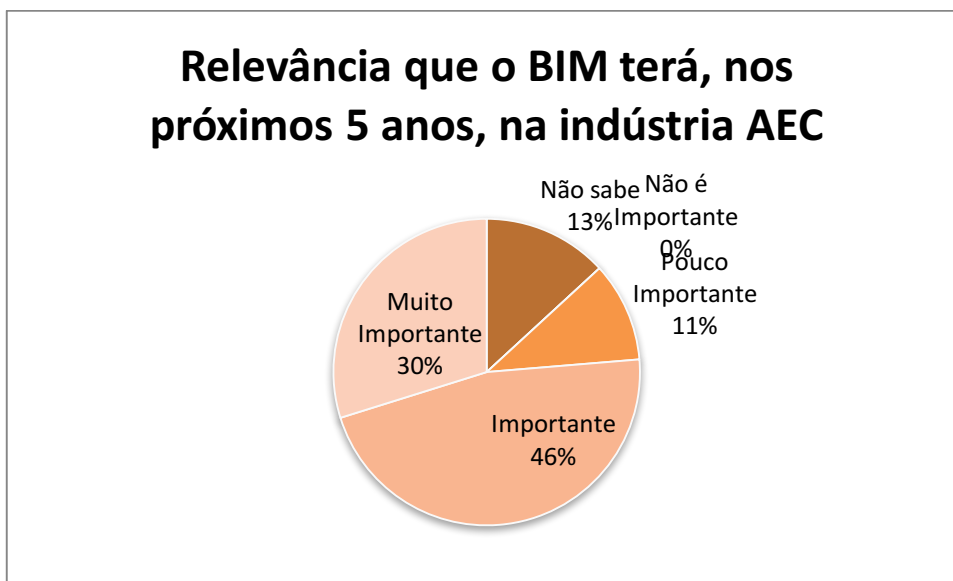


Fig. 26 – Relevância na indústria AEC que os gabinetes de projeto respondentes ao inquérito avaliam ao BIM nos próximos 5 anos, dados de (Venâncio 2015)

3.2. CARACTERIZAÇÃO DAS CÂMARAS MUNICIPAIS RESPONDENTES AO INQUÉRITO

O grupo das câmaras municipais tem uma dimensão bastante significativa. No inquérito mencionado anteriormente de 308 inquéritos obtiveram-se 101 respostas. Em termos relativos foi o grupo com amostra mais representativa, ao obter cerca de um terço de respostas em relação ao número de inquéritos enviados. Este grupo é também muito importante para o corrente estudo porque permite perceber o impacto desta metodologia nas entidades de licenciamento e fiscalização e ainda de donos de obra.

A distribuição geográfica dos respondentes ao inquérito pode ser contemplada no gráfico da Figura 27. Analisando os dados, verifica-se que Norte e Centro foram as regiões com maior número de respondentes.

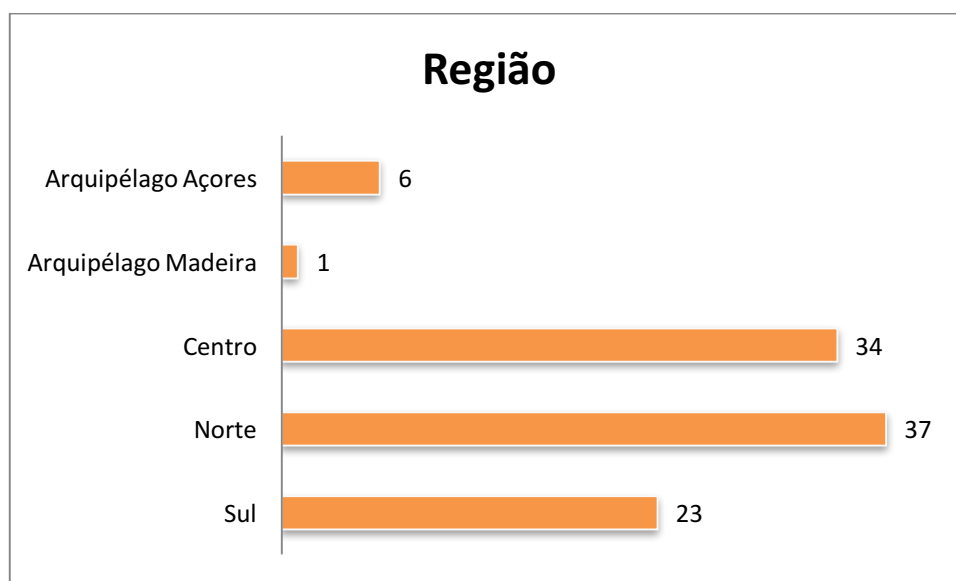


Fig. 27 – Gráfico do número de respondentes ao inquérito às câmaras municipais por região, dados de (Venâncio 2015)

O grupo das câmaras municipais pode ser caracterizado em função do número de habitantes do concelho. Através da Figura 28, verifica-se que a maioria das câmaras municipais respondentes ao inquérito representa concelhos pequenos.

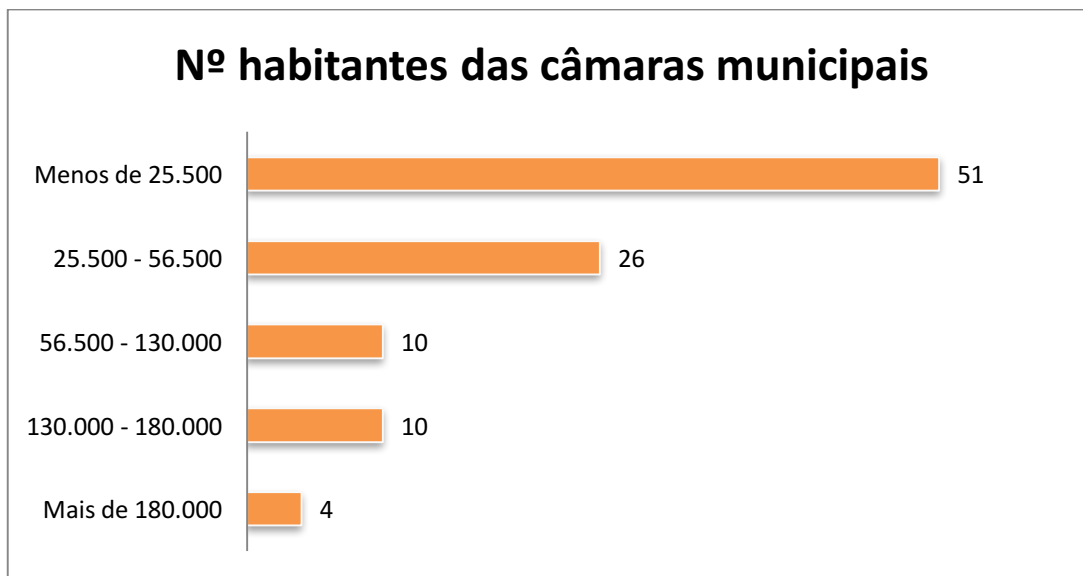


Fig. 28 – Gráfico de caracterização do nº de habitantes das câmaras municipais respondentes ao inquérito, dados de (Venâncio 2015)

O grupo das câmaras municipais pode ser caracterizado em função do tipo de atividades que realiza diariamente. Note-se que as câmaras municipais podem desempenhar múltiplas atividades e assim podiam selecionar mais do que uma opção na resposta ao inquérito. Do gráfico da Figura 29 pode-se concluir que licenciamento, fiscalização e projeto são as atividades camarárias mais correntes.

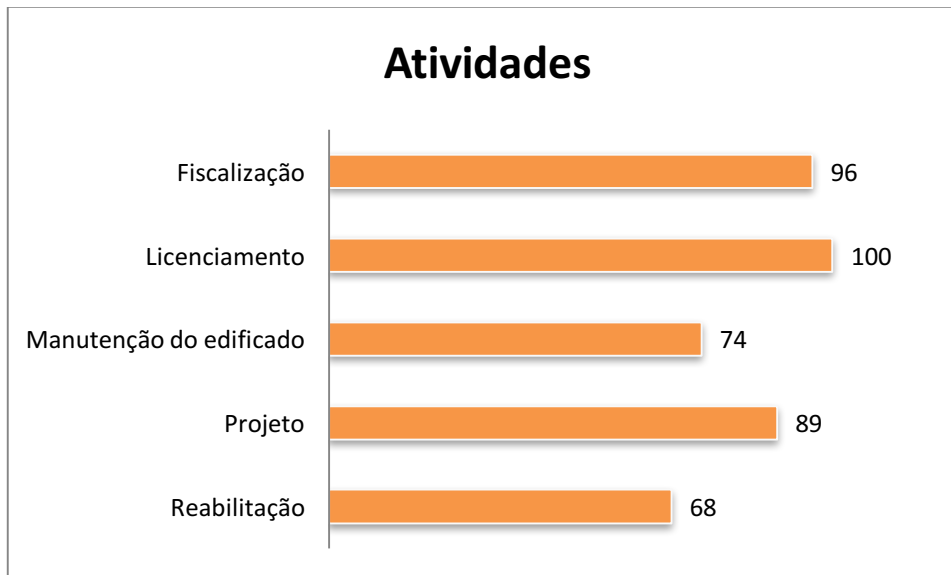


Fig. 29 – Gráfico de caracterização das atividades das 101 câmaras municipais respondentes ao inquérito, dados de (Venâncio 2015)

O termo BIM é familiar a apenas 33% dos respondentes ao inquérito das câmaras municipais, o que demonstra uma significativa falta de conhecimento da metodologia da faixa do setor que as câmaras municipais representam, como o licenciamento e a fiscalização, conforme se comprova na Figura 30.

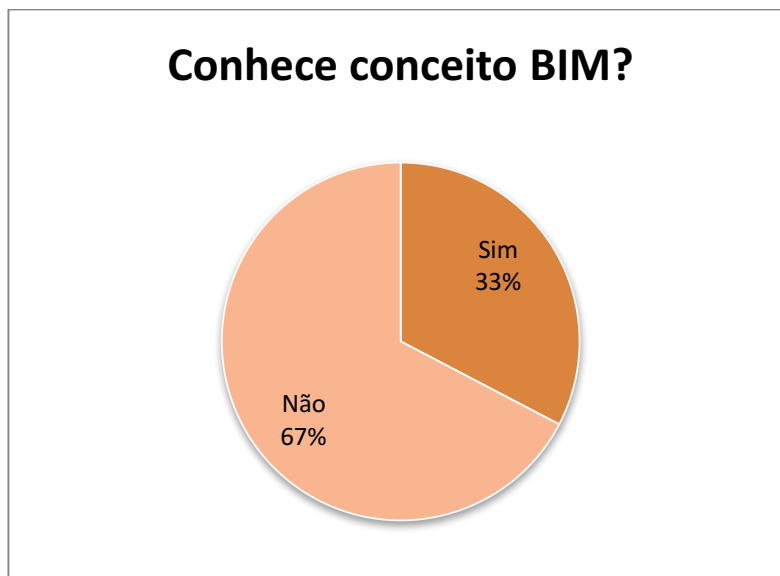


Fig. 30 – Gráfico de caracterização do conhecimento de BIM das câmaras municipais respondentes ao inquérito, dados de (Venâncio 2015)

Ao grupo das 33 câmaras municipais que conheciam o termo BIM foi pedido para associarem o termo BIM a outros termos no sentido de tentar perceber a ideia que os respondentes tinham do que é a metodologia BIM. A questão permitia que fossem assinalados múltiplos conceitos. No gráfico da Figura 31 estão representadas as respostas. O gráfico representa o número de vezes que cada termo foi associado ao BIM. Da interpretação do gráfico pode-se concluir que a associação é semelhante à dos gabinetes de projeto, o que revela uma homogeneização da ideia do conceito da metodologia BIM.

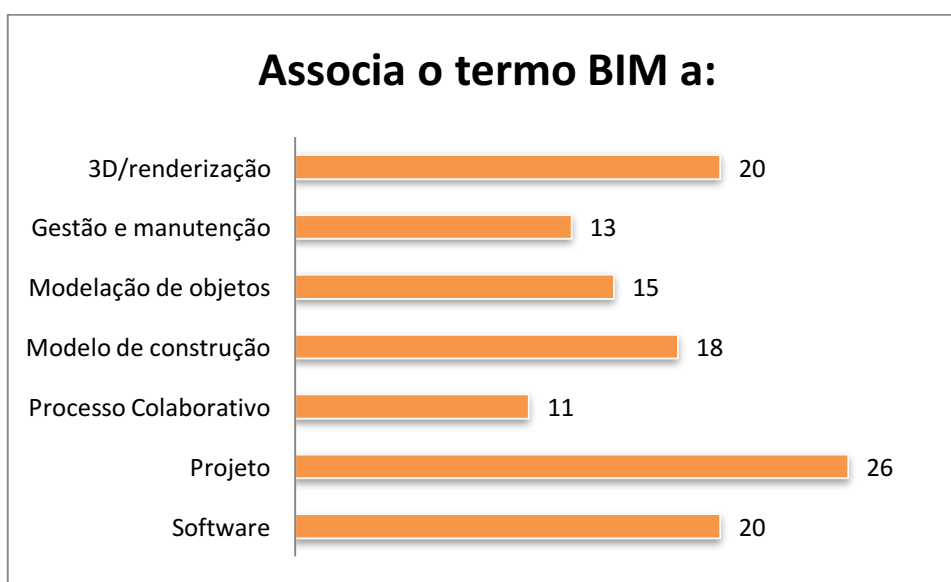


Fig. 31 – Gráfico de caracterização da associação do termo BIM a outros termos das 33 câmaras municipais com conhecimento de BIM respondentes ao inquérito, dados de (Venâncio 2015)

Os inquiridos foram questionados acerca do conhecimento que tinham que há países que já exigem que os projetos sejam desenvolvidos com base na metodologia BIM e outros países cuja exigência será

a muito curto prazo. Contrariamente ao que se verifica no grupo dos gabinetes de projeto, 64% dos respondentes desconhece essa exigência, conforme ilustrado pela Figura 32.

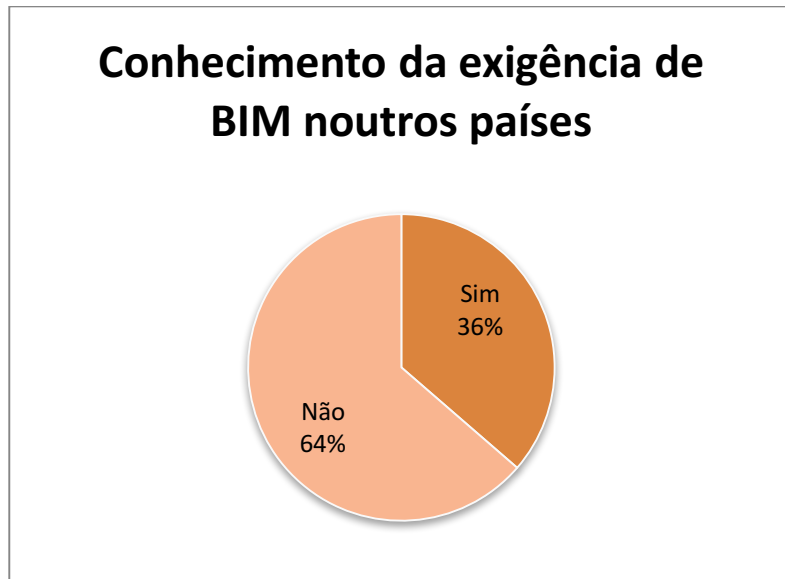


Fig. 32 - Gráfico de caracterização do conhecimento da exigência de BIM noutros países das câmaras municipais respondentes ao inquérito, dados de (Venâncio 2015)

Os inquiridos foram ainda questionados se previam que seja implementada essa exigência em Portugal nos próximos 5 anos. Como se pode constatar no gráfico da Figura 33, tal como se verifica no grupo dos gabinetes de projeto, a maioria do grupo das câmaras municipais não acredita que nos próximos 5 anos vá ser exigido que os projetos sejam desenvolvidos com base na metodologia BIM.

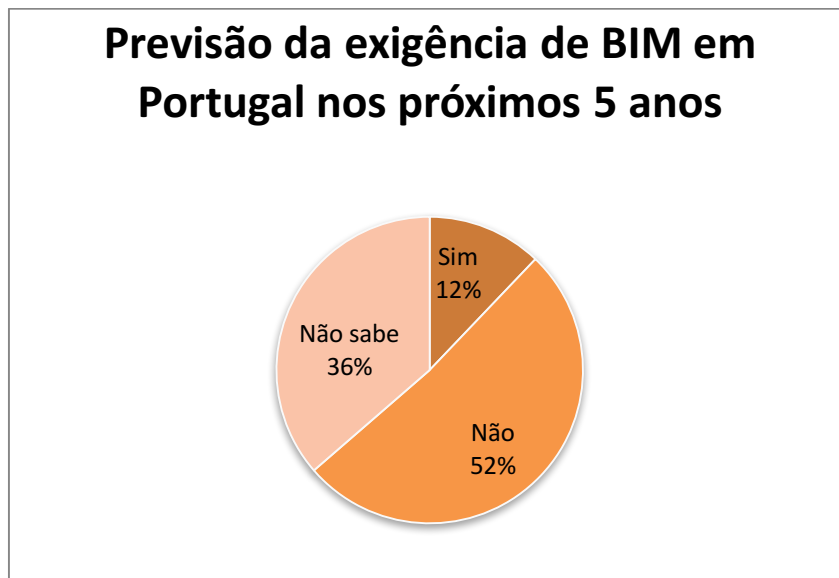


Fig. 33 - Gráfico de caracterização da previsão da exigência de BIM em Portugal nos próximos 5 anos das câmaras municipais respondentes ao inquérito, dados de (Venâncio 2015)

A questão 19 do inquérito pedia para se avaliar a relevância que o BIM terá em cinco anos na indústria AEC. Como se pode verificar no gráfico da Figura 34, nenhum dos respondentes crê que a metodologia BIM não vá ter importância no setor e apenas 12% pensam que vai ser pouco importante. A grande maioria (61%) acredita que a metodologia BIM vai ser importante no setor da AEC nos próximos cinco anos.

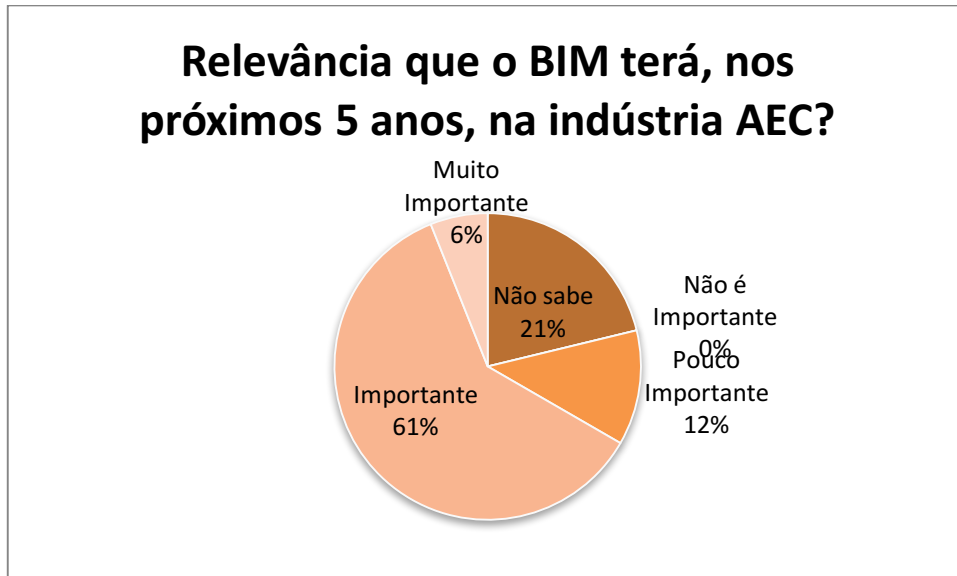


Fig. 34 – Relevância na indústria AEC que as câmaras municipais respondentes ao inquérito avaliam ao BIM nos próximos 5 anos, dados de (Venâncio 2015)

Estes dados permitem atestar que já há uma parte significativa da indústria que está a par desta ferramenta e que acredita que vai ter grande preponderância no futuro próximo do setor. Percebe-se que o BIM está ainda a dar os primeiros passos em Portugal mas já é perceptível o impacto que vai ter.

4

APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS, RESULTADOS E ANÁLISE DE RESULTADOS

Partindo dos resultados dos inquéritos realizados por Venâncio (Venâncio 2015) para avaliar o estado de implementação de BIM em Portugal nestes intervenientes do setor, realizaram-se diversos testes estatísticos às perguntas que permitiam uma resposta por escalas. Os testes utilizados estão descritos no primeiro subcapítulo do corrente capítulo. As perguntas que permitiam respostas por escalas eram as questões 15, 18,19 e 30 do inquérito aos gabinetes de projeto e as perguntas 14, 17, 18 e 21 do inquérito às câmaras municipais. Perante a necessidade de converter as respostas quantitativas numa escala ordinal, atribuiu-se uma escala com o valor 1 a ser atribuído à opção “Pouco ou nada importante”, o valor 2 ao “Importante” e o valor 3 às respostas “Muito importante”. As respostas em branco ou as respostas “Não sabe ou não tem opinião” não são consideradas nesta análise. As ferramentas estatísticas utilizadas, os testes realizados, os resultados e a análise destes estão descritos ao longo deste capítulo. Saliente-se que são apenas apresentados os resultados significativos e também mais interessantes. A totalidade dos resultados pode ser consultada nos anexos.

4.1. APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS

Ao longo deste subcapítulo vai ser realizada uma exposição teórica das ferramentas estatísticas utilizadas no corrente estudo, aplicadas às respostas obtidas no inquérito citado anteriormente. Os resultados obtidos no estudo anterior permitem ter uma ideia do nível de adoção de BIM em Portugal mas não são suficientes para justificar que uma determinada vantagem ou aspeto referido pelos respondentes tem maior importância que os restantes. Os testes utilizados permitem assim validar estatisticamente algumas das conclusões do anterior estudo para que estas possam ser uma fundação para uma estratégia de implementação da metodologia BIM em Portugal.

4.1.1. ASSOCIAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS – COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN

O coeficiente de correlação entre duas variáveis é um indicador utilizado para determinar o grau de associação entre essas duas variáveis. Esse parâmetro permite perceber se duas variáveis estão correlacionadas linearmente ou não e quantificar o grau de dependência. O coeficiente de correlação utilizado neste estudo foi o coeficiente de Spearman.

Quando as variáveis são medidas numa escala ordinal pode-se aplicar o coeficiente de correlação de Spearman.

No caso das perguntas do inquérito que permitem respostas por escalas, i.e., as respostas podem ser classificadas numa escala de 1 a 3, atribuindo-se 1 quando a questão colocada é “pouco ou nada importante”, 2 quando a resposta é “importante”, 3 quando a resposta é “muito importante”. Os inquiridos que não respondem ou respondem com “não sabe ou não tem opinião” não foram considerados na análise.

Dado um n número de ordens (a cada observação atribui-se um número de ordem ou *rank*), o coeficiente de correlação de Spearman (R_s) calcula-se com base na seguinte expressão (Best e Roberts 1975):

$$R_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n D_i^2}{n^3 - n} \quad (1)$$

Nesta expressão D_i representa a diferença de *ranks* correspondentes a cada par de observações.

O coeficiente de Spearman varia entre -1 e 1, sendo que o grau de associação entre variáveis maior quando o coeficiente de correlação está próximo de um (correlação forte positiva). A proximidade a -1 indica uma associação forte e negativa, i.e., as variáveis relacionarem-se inversamente. Um coeficiente nulo indica que a associação entre as variáveis é diminuta.

Recorrendo ao programa de análise estatística SPSS foi possível determinar o coeficiente de correlação de Spearman para cada par de variáveis de cada uma das perguntas do inquérito, cujos resultados podem ser consultados em anexo.

4.1.2. COMPARAÇÃO DE AMOSTRAS EMPARELHADAS – TESTE DE FRIEDMAN

Neste caso as variáveis dependentes são medidas numa escala ordinal e as amostras são emparelhadas (o mesmo inquirido responde a várias questões). Isto requer a utilização de métodos não-paramétricos para se inferirem diferenças estatisticamente significativas. Neste estudo recorreu-se ao teste de Friedman. Este teste permite comparar as respostas dos inquiridos em várias questões colocadas.

As hipóteses sob teste são:

$$H_0: F(X_1) = F(X_2) = \dots = F(X_k) \quad (2)$$

A hipótese nula (H_0) considera que as distribuições dos valores da variável X são idênticas nas k populações.

$$H_1: \exists i, j: F(X_i) \neq F(X_j) \quad (i \neq j; i, j = 1, \dots, k) \quad (3)$$

A hipótese alternativa H_1 assume que existe pelo menos uma distribuição diferente das distribuições restantes.

Para calcular a estatística de teste é necessário ordenar todas as observações referentes a cada um dos sujeitos por ordem crescente, caso existam observações empatadas a ordem destas observações é a média das ordens que essas observações teriam se não fossem empates. Depois de ordenadas as observações, calcula-se a soma das ordens por amostra, *i.e.* a soma das ordens das observações de todos os sujeitos pertencentes à mesma amostra (Maroco 2007). A estatística do teste de Friedman é extraída dos trabalhos de Siegel e Castellan Jr (Siegel e Castellan Jr 1988).

$$F_r = \frac{\frac{12}{nk(k+1)} \sum_{j=1}^k R_j^2 - 3n(k+1)}{1 - \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{g_i} (t_{ij}^3 - t_{ij})}{nk^3 - nk}} \quad (4)$$

$$\text{onde, } R_j = \sum_{i=1}^n r_{ij} \quad (5)$$

Nesta expressão, n representa o número de sujeitos da amostra, *i.e.* a dimensão da amostra; k é o número de amostras; r_{ij} é a ordem do sujeito j na amostra i ; g_i é o número de empates na amostra i ; t_{ij} é o número de observações empatadas em cada um dos grupos j de empates no sujeito i . O denominador da estatística é uma correção que deve ser usada sempre que existam mais do que dois grupos de empate. Sob H_0 e para mais do que 5 amostras a estatística do teste de Friedman aproxima-se da distribuição χ^2 com $k - 1$ graus de liberdade, pelo que se rejeita H_0 quando $F_r \geq \chi_{1-\alpha; k-1}^2$. A rejeição do teste também pode ser analisada pelo valor de prova (ρ -value) associado ao teste.

Recorrendo ao programa de análise estatística SPSS foi possível aplicar o teste de Friedman às respostas aos inquéritos. Os resultados podem ser consultados em anexo.

4.1.3. COMPARAÇÃO MÚLTIPLA DE MÉDIAS DE ORDENS A PARTIR DE AMOSTRAS EMPARELHADAS – TESTE LSD DE FISHER

Pelo teste de Friedman é possível perceber se existe alguma variável X diferente das restantes variáveis. Para perceber quais os pares de variáveis que diferem entre si é necessário proceder à comparação múltipla de médias das ordens a partir de amostras emparelhadas. As hipóteses a testar são as seguintes:

$$H_0: F(X_1) = F(X_j) \quad (6)$$

$$H_1: F(X_i) \neq F(X_j) \quad (i \neq j; i, j = 1, \dots, k) \quad (7)$$

Sob H_0 , a estatística de teste, para cada um dos kC_2 conjuntos de hipóteses possíveis é (Conover 1999):

$$T = \frac{|R_i - R_j|}{\sqrt{\frac{2n(A_2 - A_1)}{(n-1)(k-1)}}} \quad (8)$$

$$\text{onde } A_1 = \frac{\sum_{i=1}^k R_i^2}{n}; A_2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k r_{ij}^2 \quad (9)$$

Nesta expressão $R_i = \sum_{l=1}^n r_{il}$ é a soma das ordens da amostra i e $R_j = \sum_{l=1}^n r_{jl}$ é a soma das ordens da amostra j ; k é o número de amostras e n é a dimensão das amostras. Se não existirem empates então A_2 simplifica-se e pode ser calculado por $A_2 = \frac{nk(k+1)(2k+1)}{6}$. A hipótese nula (H_0) é rejeitada se $T \geq t_{1-\frac{\alpha}{2},(n-1)(k-1)}$. (Maroco 2007).

Para se fazer as comparações múltiplas das médias das ordens foi realizado o teste semelhante, o teste LSD de Fisher no SPSS, uma vez que não é possível realizar o teste anterior no SPSS.

Para se fazer as comparações múltiplas das médias das ordens é necessário em primeiro lugar reorganizar a base de dados de modo a que cada observação defina o fator dos sujeitos e que cada amostra defina o fator relativo às respostas. A hipótese nula do teste LSD de Fisher é rejeitada para um valor de prova $\alpha \leq 0.05$ (i.e. as diferenças entre as respostas aos inquéritos são estatisticamente significativas).

Recorrendo ao programa de análise estatística SPSS foi possível aplicar o teste de Fisher às respostas aos inquéritos, cujos resultados integrais podem ser consultados em anexo.

4.2. QUESTÃO 15 AOS GABINETES DE PROJETO: CLASSIFIQUE AS PRINCIPAIS VANTAGENS QUE CONHECE DA UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA BIM

A pergunta 15 do inquérito aos gabinetes de projeto pedia aos inquiridos para classificar as vantagens que conheciam da utilização da metodologia BIM. A pergunta permitia uma resposta por escalas para cada uma das suas dimensões que correspondem a vantagens previamente identificadas pelo autor do inquérito. De forma a facilitar a leitura dos quadros vão ser utilizados acrónimos para as dimensões das questões. As dimensões da questão 15 eram as seguintes:

- Melhor compreensão do projeto pela visualização 3D (MCP3D)
- Impacto positivo no marketing (IPM)
- Redução do tempo e custo de projeto/obra (RTC)
- Redução de erros e omissões (REO)
- Maior recurso a pré-fabricação (MRPF)
- Apoio à gestão da obra (AGO)
- Manutenção do edificado (ME)
- Análise de sustentabilidade (AS)

4.2.1 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN

O cálculo do coeficiente de correlação de Spearman vai permitir avaliar o grau de associação entre as variáveis da questão, descritas anteriormente, de forma a perceber se há uma relação entre elas.

Como já havia sido apontado anteriormente, o grau de associação entre as variáveis é maior quando o coeficiente de correlação está mais próximo do módulo de um. Para facilitar a interpretação, as vantagens que estão fortemente relacionadas, cuja relação é estatisticamente significativa a 1% estão assinaladas com duplo asterisco e as que tem relação estatisticamente significativas a 5% estão assinaladas com um asterisco.

Os resultados do teste às respostas dos gabinetes de projeto são apresentados no Quadro 1:

Quadro 1 – Resultados do cálculo do coeficiente de correlação de Spearman às variáveis da questão 15 aos gabinetes de projeto

	MCP3D	IPM	RTC	REO	MRPF	AGO	ME	AS
MCP3D								
IPM	0,387**							
RTC	0,225*	0,166						
REO	0,177	0,010	0,583**					
MRPF	0,318**	0,254*	0,323**	0,053				
AGO	-0,024	0,080	0,346**	0,280**	0,363**			
ME	0,198	0,214*	0,276**	0,239*	0,435**	0,556**		
AS	0,061	0,131	0,239*	0,225*	0,345**	0,493**	0,569**	

** Correlação é significativa a 1% ; * Correlação é significativa a 5%

Pode-se extrair dos resultados que há uma relação estatisticamente significativa entre diversas variáveis e há outras que não estão relacionadas.

Da análise do quadro pode-se concluir que não há vantagens que estejam relacionadas negativamente, o que indicaria uma proporcionalidade inversa. De facto só há um coeficiente negativo e é tão próximo de zero que se pode concluir que as vantagens de melhor compreensão do projeto através da visualização 3D e apoio à gestão de obra não estão estatisticamente relacionadas.

Da interpretação dos resultados apresentados no quadro conclui-se também que não há relação entre a variável melhor compreensão do projeto através da visualização 3D e as vantagens redução de erros e omissões, manutenção do edificado e análise de sustentabilidade. A vantagem de impacto positivo no marketing não se relaciona com as variáveis redução de tempo e custo de projeto/obra, redução de erros e omissões, apoio à gestão de obra e análise de sustentabilidade. Também não há relação entre as vantagens de maior recurso à pré-fabricação e redução de erros e omissões. Todos os outros pares de variáveis são relacionados e essa relação é estatisticamente significativa.

O cálculo do coeficiente de correlação de Spearman é uma análise exploratória da amostra, não permite tirar conclusões importantes além da relação entre as variáveis.

4.2.2 TESTE DE FRIEDMAN

Como tinha sido referido anteriormente, o teste de Friedman permite estudar apenas um único fator relativo a duas ou mais amostras emparelhadas. Assim, através deste teste vai ser possível perceber se há alguma das variáveis que se destaque das restantes, importante para perceber se há benefícios que as empresas consideram mais relevantes.

O resultado do teste de Friedman para a questão 15 do inquérito é 191,947 com um valor de prova de 0,000. Este último valor revela que há de facto pelo menos uma variável que é estatisticamente diferente das restantes, o que demonstra que há vantagens que as empresas consideram mais relevantes na utilização da metodologia BIM.

4.2.3 COMPARAÇÃO MÚLTIPLA - TESTE LSD DE FISHER

No teste anterior foi possível perceber se há alguma vantagem diferente das restantes. O teste LSD de Fisher vai fazer uma comparação múltiplas das variáveis, de forma a identificar qual ou quais as vantagens que são diferentes, para se perceber quais os benefícios da utilização da metodologia BIM que as empresas atribuem maior importância.

No Quadro 2 são apresentados os resultados do teste para as variáveis redução de erros e omissões, maior recurso à pré-fabricação, melhor compreensão do projeto através da visualização 3D e redução de tempo e custo de projeto e obra, apresentando-se o resultado do cálculo da diferença média entre cada uma das variáveis e o valor de prova do cálculo dessa diferença. Saliente-se que não são apresentados todos os resultados mas apenas as comparações múltiplas significativas por serem as mais interessantes de serem analisadas.

Quadro 2 - Resultados da comparação múltipla (teste LSD de Fisher) para a questão 15 do inquérito aos gabinetes de projeto

Diferença média (I-J) (I) (J)	REO	MRPF	MCP3D	RTC
AS	1,813*	-1,266*	1,361*	1,161*
AGO	1,137*	-1,942*	0,684*	0,484*
IPM	2,028*	-1,052*	1,575*	1,375*
MRPF	3,079*		2,626*	2,427*
ME	2,022*	-1,057*	1,569*	1,369*
MCP3D	0,453*	-2,626*		-0,200
REO		-3,079*	-0,453*	-0,653*
RTC	0,653*	-2,427*	0,200	

* Correlação é significativa a 5%

No Quadro 2 observa-se que há uma diferença positiva e estatisticamente significativa entre a variável redução de erros e omissões e todas as restantes. Isto indica que as empresas inquiridas consideram esta vantagem como a mais relevante.

Segundo os resultados deste teste, pode-se concluir que reduzir os erros e as omissões em projeto e obra é a vantagem da utilização da metodologia BIM que as empresas classificam como mais importante.

O facto dos gabinetes de projeto inquiridos atribuírem uma maior importância à redução de erros e omissões através da utilização de métodos BIM revela que os projetos concebidos através dos métodos tradicionais contém demasiadas imprecisões e o recurso às metodologias BIM pode aprimorar o processo e conseguir um planeamento muito mais preciso e rigoroso, o que só traria vantagens aos projetistas ao tornar o seu trabalho mais eficiente porque reduz a necessidade de repetir e corrigir os trabalhos, mais rápido e mais preciso.

Por outro lado, percebe-se que as empresas dão menor importância à vantagem da utilização da metodologia BIM possibilitar um maior recurso à pré-fabricação, como é possível observar no Quadro 2 pela diferença negativa e estatisticamente significativa entre esta variável e todas as restantes. Da leitura do quadro pode-se então concluir que as empresas quando aderem à tecnologia BIM não procuram recorrer à pré-fabricação.

Este resultado não é surpreendente pois este processo que já é bastante utilizado noutras regiões europeias e mundiais não é ainda muito explorado em Portugal, um país onde a construção tradicional tem um peso muito forte e há uma grande resistência à mudança dessa conceção e não é portanto de estranhar que o mercado da pré-fabricação esteja ainda muito pouco desenvolvido em Portugal e que por consequência seja o fator a que as empresas atribuam menor importância quando questionadas das vantagens da utilização da metodologia BIM.

A análise do quadro anterior revela que as empresas atribuem uma importância significativa à melhor compreensão do projeto através da visualização 3D e à redução de tempo e custo de projeto e obra, como se comprova pelas diferenças positivas e estatisticamente significativas em relação a quase todas as variáveis, com exceção à vantagem de redução de erros e omissões, que já tinha sido apontada como a vantagem mais relevante para as empresas.

A visualização tridimensional associada à metodologia BIM permite um melhor entendimento do projeto e é portanto natural que os projetistas atribuam grande importância a essa vantagem. A redução de tempo e custo de projeto e obra permite às empresas tornarem-se muito mais rentáveis e competitivas e por isso este benefício é também considerado bastante importante para os gabinetes de projeto.

4.3. QUESTÃO 14 ÀS CÂMARAS MUNICIPAIS: CLASSIFIQUE AS PRINCIPAIS VANTAGENS QUE CONHECE DA UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA BIM

Foi colocada às câmaras municipais a mesma questão que aos gabinetes de projeto. A pergunta 14 do inquérito pedia aos inquiridos para classificar a importância das vantagens que conheciam da utilização da metodologia BIM. A oito dimensões da questão, que eram as mesmas que no inquérito aos gabinetes de projeto, eram as seguintes:

- Melhor compreensão do projeto pela visualização 3D (MCP3D)
- Impacto positivo no marketing (IPM)
- Redução do tempo e custo de projeto/obra (RTC)
- Redução de erros e omissões (REO)
- Maior recurso a pré-fabricação (MRPF)
- Apoio à gestão da obra (AGO)
- Manutenção do edificado (ME)
- Análise de sustentabilidade (AS)

4.3.1 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN

De forma a avaliar o grau de associação entre as variáveis da questão, descritas anteriormente, de forma a perceber se há uma relação entre elas efetuou-se o cálculo do coeficiente de correlação de Spearman. Os resultados são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Resultados do cálculo do coeficiente de correlação de Spearman às variáveis da questão 14 do inquérito às câmaras municipais

	MCP3D	IPM	RTC	REO	MRPF	AGO	ME	AS
MCP3D								
IPM	0,324							
RTC	0,271	0,089						
REO	-0,051	-0,128	0,321					
MRPF	0,138	0,152	0,283	-0,228				
AGO	0,037	-0,345	0,379*	0,103	0,294			
ME	0,002	-0,314	0,315	0,398*	-0,185	0,447*		
AS	0,074	0,003	0,441*	-0,011	0,067	0,393*	0,464*	

** Correlação é significativa a 1% ; * Correlação é significativa a 5%

Da análise do quadro anterior verifica-se que há poucas relações estatisticamente significativas entre as variáveis da questão 14, não havendo mesmo nenhuma correlação significativa a 1%. A dimensão manutenção do edificado tem uma relação positiva e estatisticamente significativa com as variáveis redução de erros e omissões, apoio à gestão de obra e análise de sustentabilidade. Esta última tem também uma relação positiva e estatisticamente significativa com as dimensões apoio à gestão de obra e redução de tempo e custo, havendo também uma relação estatisticamente significativa entre estas.

As dimensões melhor compreensão do projeto pela visualização 3D, impacto positivo no marketing e maior recurso a pré-fabricação não estão correlacionadas com nenhuma das outras variáveis. Verifica-se ainda que há valores muito próximos de zero, o que indica que as dimensões não têm associação entre elas.

4.3.2 TESTE DE FRIEDMAN

O teste de Friedman é importante para perceber dos principais benefícios da utilização da metodologia BIM quais os que as câmaras municipais consideram mais importantes e se essa importância é estatisticamente relevante.

O resultado do teste de Friedman para a questão 14 do inquérito é 31,709 com um valor de prova de 0,000, o que revela que há de facto pelo menos uma variável que é estatisticamente diferente das restantes, o que demonstra que há benefícios da utilização da metodologia BIM que as câmaras municipais consideram mais importantes.

4.3.3 COMPARAÇÃO MÚLTIPLA - TESTE LSD DE FISHER

No quadro 4 estão representadas todas as relações estatisticamente significativas dos resultados da comparação múltipla das dimensões da questão 14 do inquérito às câmaras municipais. Apenas duas dimensões se destacam das restantes, melhor compreensão do projeto através da visualização 3D e maior recurso à pré-fabricação. Não é possível retirar mais conclusões quanto às restantes dimensões uma vez que as diferenças resultantes do teste LSD de Fisher não são estatisticamente significativas.

Quadro 4 - Resultados da comparação múltipla (teste LSD de Fisher) para a questão 14 do inquérito às câmaras municipais

Diferença média (I-J) (I)	MCP3D	MRPF
AS	1,257*	-1,397*
AGO	0,908*	-1,747*
IPM	1,108*	-1,547*
MRPF	2,654*	
ME	1,395*	-1,259*
MCP3D		-2,654*
REO	0,641	-2,013*
RTC	1,065*	-1,590*

* Correlação é significativa a 5%

A variável melhor compreensão do projeto através da visualização 3D apresenta uma diferença média positiva e estatisticamente significativa em relação a quase todas as restantes variáveis, à exceção da variável redução de erros e omissões uma vez que a diferença resultante não é estatisticamente significativa. Pode-se então concluir que dos principais benefícios da utilização das metodologias BIM o que as câmaras municipais atribuem maior importância é a melhor compreensão do projeto através do recurso à visualização 3D.

Uma vez que a visualização 3D é uma das principais ferramentas BIM não é de estranhar que o benefício estimulado por essa visualização a três dimensões, nomeadamente uma melhor interpretação e compreensão do projeto, seja apontado pelas câmaras municipais como o principal benefício decorrente da utilização da metodologia BIM.

Por outro lado, a dimensão maior recurso à pré-fabricação revela-se como o benefício menos relevante para as câmaras municipais, já que a diferença média calculada através do teste LSD de Fisher em relação às restantes variáveis é negativa e estatisticamente significativa.

A visão dos gabinetes de projetos é partilhada pelas câmaras municipais no que diz respeito à pouca importância que atribuem à vantagem de maior recurso à pré-fabricação. Como já foi mencionado anteriormente, este resultado não é surpreendente pois este processo não é ainda muito explorado em Portugal, devido ao forte peso que a construção tradicional tem no país e à resistência à mudança dessa conceção. Não é portanto de estranhar que tanto as câmaras municipais como os gabinetes de projeto atribuam menor importância quando questionadas acerca das vantagens da utilização da metodologia BIM uma vez que o mercado da pré-fabricação esteja ainda muito pouco desenvolvido em Portugal.

4.4. QUESTÃO 18 AOS GABINETES DE PROJETO: QUE ASPETOS CONSIDERA MAIS IMPORTANTES PARA UMA MAIOR ADEÇÃO À METODOLOGIA BIM?

O processo descrito anteriormente foi aplicado à questão 18 do inquérito realizado aos gabinetes de projeto para avaliar o estado de implementação de BIM em Portugal nestes intervenientes do setor.

A pergunta 18 do inquérito pedia ao inquirido para classificar os aspetos que considerava mais importantes para uma maior adesão à metodologia BIM:

- Solicitação por parte dos donos de obra (SDO)
- Exigência de BIM por parte das entidades licenciadoras (EEL)
- Licenciamento automático (LA)
- Aumento do número de empresas com conhecimento nesta metodologia (ANC)

4.4.1 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN

Como já foi referido anteriormente, o cálculo do coeficiente de correlação de Spearman é uma análise exploratória da amostra, que apenas vai revelar se as variáveis são relacionadas entre si.

Os resultados do cálculo encontram-se no Quadro 5.

Quadro 5 - Resultados do cálculo do coeficiente de correlação de Spearman às variáveis da questão 18 aos gabinetes de projeto

	SDO	EEL	LA	ANC
SDO				
EEL	0,478**			
LA	-0,016	0,294**		
ANC	0,248*	0,082	-0,007	

** Correlação é significativa a 1% ; * Correlação é significativa a 5%

A análise dos resultados mostra que a variável solicitação por parte dos donos de obra se relaciona positivamente e com significância estatística a 1% com a variável exigência por parte das entidades licenciadoras. Essa relação não é estranha pelo facto de ambas as variáveis derivam da exigência, na primeira por parte dos donos de obra, na segunda por parte das entidades licenciadoras.

A variável solicitação por parte dos donos de obra também tem relação com a variável aumento do número de empresas com conhecimento na metodologia BIM, ainda que esta associação, positiva, tenha apenas significância estatística a 5%, não sendo uma relação tão forte como a anterior.

A variável exigência por parte das entidades licenciadoras está também fortemente relacionada com a variável licenciamento automático, já que a relação é positiva e estatisticamente significativa a 1%. Esta associação faz sentido uma vez que ambas as variáveis estão relacionadas com a fase de licenciamento de projeto.

Os outros pares de variáveis não têm uma relação estatisticamente significativa.

4.4.2 TESTE DE FRIEDMAN

Através do teste de Friedman vai ser possível perceber se há alguma das variáveis que se destaque das restantes, que tenha características muito diferentes das outras variáveis, o que é importante para perceber se há aspetos que as empresas consideram mais importantes para uma maior adesão à metodologia BIM e se essa importância é estatisticamente relevante.

O resultado do teste de Friedman para a questão 18 do inquérito é 8,413 com um valor de prova igual a 0,038, o que revela que há de facto pelo menos uma variável que é estatisticamente diferente das restantes, o que demonstra que há aspetos que os inquiridos destacam como mais relevantes para uma maior adesão à metodologia BIM

4.4.3 COMPARAÇÃO MÚLTIPLA - TESTE LSD DE FISHER

O teste LSD de Fisher vai comparar as variáveis, para se identificar os aspetos mais importantes para uma maior adesão à metodologia BIM.

No Quadro 6 estão representados os resultados do cálculo do teste LSD de Fisher para a variável exigência de BIM por parte das entidades licenciadoras.

Quadro 6 - Resultados da comparação múltipla (teste LSD de Fisher) para a questão 18 do inquérito aos gabinetes de projeto

Diferença média (I-J) (I) (J)	EEL
ANC	0,081
LA	0,305*
SDO	0,133

* Correlação é significativa a 5%

Como se pode comprovar, apenas se obtém uma diferença estatisticamente significativa a 5% para a relação com a variável licenciamento automático. Essa diferença é positiva pelo que se pode concluir que os inquiridos atribuem maior relevância a exigência de BIM por parte das entidades licenciadoras.

Este resultado leva à conclusão que as empresas acreditam que a exigência de BIM por parte das empresas é um aspeto mais importante para aumentar a adesão ao BIM do que o licenciamento automático.

4.5. QUESTÃO 17 ÀS CÂMARAS MUNICIPAIS: QUE ASPETOS CONSIDERA MAIS IMPORTANTES PARA UMA MAIOR ADESÃO À METODOLOGIA BIM?

O processo descrito anteriormente foi aplicado à questão 17 do inquérito realizado às câmaras municipais para avaliar o estado de implementação de BIM em Portugal nestes intervenientes do setor, onde era pedido aos inquiridos para classificarem os aspetos que consideravam mais importantes para uma maior adesão à metodologia BIM:

- Solicitação por parte dos donos de obra (SDO)
- Exigência de BIM por parte das entidades licenciadoras (EEL)
- Licenciamento automático (LA)
- Aumento do número de empresas com conhecimento nesta metodologia (ANC)

4.5.1 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN

Os resultados do cálculo do coeficiente de correlação de Spearman estão representados no Quadro 7:

Quadro 7 - Resultados do cálculo do coeficiente de correlação de Spearman às variáveis da questão 17 do inquérito às câmaras municipais

	SDO	EEL	LA	ANC
SDO				
EEL	0,119			
LA	-0,613**	0,292		
ANC	0,521**	0,244	-0,031	

** Correlação é significativa a 1%

Da análise do Quadro 7 pode-se concluir que a variável solicitação por parte dos donos de obra está tem uma correlação negativa e estatisticamente significativa com a variável licenciamento automático, o que indica que estas duas dimensões se relacionam inversamente.

Verifica-se que a dimensão aumento do número de empresas com conhecimento do BIM também está relacionada com a variável solicitação por parte dos donos de obra, relação essa que é positiva e estatisticamente significativa.

4.5.2 TESTE DE FRIEDMAN

O resultado do teste de Friedman para a questão 17 do inquérito é 4,772 com um valor de prova de 0,189, o que revela que as variáveis não são estatisticamente diferentes das restantes. Este resultado revela não existe nenhum aspeto que se salienta como mais importante para uma maior adoção da metodologia BIM na perspectiva das câmaras municipais.

4.6. QUESTÃO 19 AOS GABINETES DE PROJETO: QUE ASPETOS CONSIDERA MAIS IMPORTANTES PARA O CRESCIMENTO DA IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA BIM?

O processo descrito anteriormente foi aplicado à questão 19 do inquérito realizado aos gabinetes de projeto para avaliar o estado de implementação de BIM em Portugal nestes intervenientes do setor.

A pergunta 19 do inquérito pedia ao inquirido para classificar os aspetos que considerava mais importantes para o crescimento da implementação da metodologia BIM:

- Melhoria da interoperabilidade entre software (MIS)
- Aumento de funcionalidade dos software (AFS)
- Mais oferta de formação (MOF)
- Desenvolvimento de um guia de boas práticas (DGBP)
- Aumento do número de colaboradores com conhecimentos em BIM (ANC)

4.6.1 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN

Como já tinha sido mencionado anteriormente, o cálculo do coeficiente de correlação de Spearman é uma análise exploratória da amostra, que apenas vai revelar se as variáveis são relacionadas entre si.

Os resultados do cálculo do coeficiente de correlação de Spearman estão apresentados no Quadro 8.

Quadro 8 - Resultados do cálculo do coeficiente de correlação de Spearman às variáveis da questão 19 aos gabinetes de projeto

Diferença média (I-J) (I) (J)	MIS	AFS	MOF	DGBP	ANC
MIS					
AFS	0,448**				
MOF	0,251**	0,166			
DGBP	0,284**	0,188	0,485**		
ANC	0,137	0,173	0,310**	0,223*	

** Correlação é significativa a 1% ; * Correlação é significativa a 5%

A análise dos resultados mostra que a variável melhoria da interoperabilidade entre *software* se relaciona positivamente com todas as variáveis à exceção da variável aumento do número de colaboradores com conhecimentos em BIM. O aumento de funcionalidade dos *software* é uma variável que não tem uma associação estatisticamente significativa com nenhuma das outras variáveis. Das restantes associações entre pares de variáveis, a variável mais oferta de formação também se relaciona positivamente com as restantes e a relação entre as variáveis desenvolvimento de um guia de boas práticas e aumento do número de colaboradores com conhecimentos BIM tem correlação estatisticamente significativa a 5%.

4.6.2 TESTE DE FRIEDMAN

O teste de Friedman é importante para perceber se há aspetos que as empresas consideram mais importantes para o crescimento da implementação da metodologia BIM.

O resultado do teste de Friedman para a questão 19 do inquérito é 37,299 com um valor de prova de 0,000, o que revela que há de facto pelo menos uma variável que é estatisticamente diferente das restantes, o que demonstra que há aspetos que as empresas consideram mais importantes para o crescimento da implementação da metodologia BIM.

4.6.3 COMPARAÇÃO MÚLTIPLA - TESTE LSD DE FISHER

No Quadro 9 estão expressos os resultados do teste LSD de Fisher da questão 19 do inquérito. São apenas apresentados os resultados para as dimensões que as empresas consideraram mais relevantes. Os restantes valores que resultaram do teste não tem valor de prova que permita afirmar que as dimensões são estatisticamente diferentes das restantes e por isso não estão representados no quadro, podendo ser consultados em anexo.

Quadro 9 - Resultados da comparação múltipla (teste LSD de Fisher) para a pergunta 19 aos gabinetes de projeto

Diferença média (I-J) (I)	MIS	ANC
MIS		-0,402*
AFS	0,673*	0,271
MOF	0,907*	0,505*
DGBP	0,739*	0,336*
ANC	0,402*	

* Correlação é significativa a 5%

Da leitura do quadro pode-se afirmar que a dimensão aumento do número de colaboradores com conhecimentos em BIM é diferente das variáveis mais oferta de formação e desenvolvimento de um guia de boas práticas e como essa diferença é positiva é possível concluir que os projetistas acreditam que esse crescimento do número de colaboradores com conhecimentos em BIM é um fator mais importante para o crescimento da implementação da metodologia BIM que os outros dois acima mencionados.

Uma das grandes vantagens da utilização das metodologias BIM é o processo colaborativo e por isso usar as ferramentas BIM nos trabalhos mas com parceiros a recorrerem aos processos tradicionais não traria benefícios às empresas daí que estas acreditem que um dos aspetos mais importantes para o crescimento da implementação de metodologia BIM seja o aumento do número de colaboradores com conhecimentos em BIM.

A dimensão melhoria da interoperabilidade entre diferentes *software* revela uma diferença positiva e estatisticamente significativa. Estes resultados do teste LSD de Fisher permitem afirmar que as empresas atribuem maior importância a esta dimensão do que às restantes, de onde se pode concluir que o aspeto mais importante para o crescimento da implementação da metodologia BIM é, para os projetistas, a melhoria da interoperabilidade entre diferentes *software*.

As lacunas associadas à falta de interoperabilidade entre alguns dos *software* é uma das limitações que são reconhecidas às tecnologias BIM. Daí que os projetistas reconheçam que a melhoria de interoperabilidade é o aspeto mais importante para o crescimento da aplicação de metodologias BIM. Com uma melhor interoperabilidade os colaboradores teriam uma mais fácil e mais eficiente troca e partilha de informações mesmo usando *software* diferente. A existência de normas que sugerissem ou impusessem um formato para basear essas trocas e partilhas de informações e modelos (por exemplo o formato IFC) seria uma forma de aprimorar a interoperabilidade entre os diferentes *software*.

4.7. QUESTÃO 18 ÀS CÂMARAS MUNICIPAIS: QUE ASPETOS CONSIDERA MAIS IMPORTANTES PARA O CRESCIMENTO DA IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA BIM?

O processo descrito anteriormente foi aplicado à questão 18 do inquérito realizado às câmaras municipais no sentido de avaliar o estado de implementação de BIM em Portugal nestes intervenientes do setor.

A pergunta 18 do inquérito pedia ao inquirido para classificar os aspetos que considerava mais importantes para o crescimento da implementação da metodologia BIM:

- Melhoria da interoperabilidade entre software (MIS)
- Aumento de funcionalidade dos software (AFS)
- Mais oferta de formação (MOF)
- Desenvolvimento de um guia de boas práticas (DGBP)
- Aumento do número de colaboradores com conhecimentos em BIM (ANC)

4.7.1 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN

O cálculo do coeficiente de correlação de Spearman, uma análise exploratória da amostra, vai revelar se há uma correlação estatisticamente significativa entre as variáveis. Os resultados são apresentados no Quadro 10.

Quadro 10 - Resultados do cálculo do coeficiente de correlação de Spearman às variáveis da questão 18 do inquérito às câmaras municipais

Diferença média (I-J) (I) (J)	MIS	AFS	MOF	DGBP	ANC
MIS					
AFS	0,323				
MOF	0,126	0,129			
DGBP	-0,174	0,152	0,447*		
ANC	0,148	0,274	0,466**	0,054	

** Correlação é significativa a 1% ; * Correlação é significativa a 5%

Da análise dos resultados verifica-se que as variáveis mais oferta de formação e aumento do número de colaboradores com conhecimentos de BIM tem uma relação positiva e estatisticamente significativa a 1%.

Da leitura do Quadro 12 interpreta-se que há uma relação positiva e estatisticamente positiva a 5% entre as dimensões mais oferta de formação e desenvolvimento de um guia de boas práticas. São dois aspetos claramente orientados para utilizadores que dão os primeiros passos com BIM e com um nível de maturidade baixo.

4.7.2 TESTE DE FRIEDMAN

O resultado do teste de Friedman para a questão 18 do inquérito é 15,610 com um valor de prova de 0,004, o que revela que há pelo menos uma variável que é estatisticamente diferentes das restantes. Este resultado demonstra que há aspetos que as câmaras municipais consideram mais importantes para o crescimento da implementação da metodologia BIM.

4.7.3 COMPARAÇÃO MÚLTIPLA - TESTE LSD DE FISHER

O teste LSD de Fisher vai permitir perceber quais os aspetos que as câmaras municipais consideram mais ou menos relevantes para o crescimento da implementação da utilização de metodologias BIM em Portugal.

Do cálculo do teste de Fisher, apenas duas dimensões se distinguem das restantes, estando representados esses resultados no Quadro 11. As diferenças entre as restantes variáveis não são estatisticamente significativas.

Quadro 11 - Resultados da comparação múltipla (teste LSD de Fisher) para a questão 18 do inquérito às câmaras municipais

Diferença média (I-J) (I) (J)	MIS	MOF
MIS		0,097
AFS	0,683*	0,780*
MOF	-0,097	
DGBP	0,557*	0,654*
ANC	0,689*	0,786*

* Correlação é significativa a 5%

As dimensões melhoria da interoperabilidade entre diferentes *software* e mais oferta de formação apresentam uma diferença média positiva e estatisticamente significativa. No entanto não é possível afirmar que uma é mais importante que a outra uma vez que a diferença entre elas não é estatisticamente significativa.

Do estudo relativo a esta questão pode-se então concluir que os aspetos que as câmaras municipais consideram mais importantes para o crescimento da utilização da metodologia BIM em Portugal são a dimensões melhoria da interoperabilidade entre diferentes *software* e mais oferta de formação.

Comparando com os resultados obtidos no grupo dos gabinetes de projeto verifica-se que a melhoria da interoperabilidade entre *software* se destaca como aspeto bastante importante para o crescimento da implementação da metodologia BIM. Os gabinetes de projeto destacaram ainda o aumento do número de colaboradores com conhecimentos de BIM e as câmaras municipais distinguiram uma maior oferta de formação.

As câmaras municipais reconhecem uma lacuna na interoperabilidade entre diferentes *software* e daí este resultado. Como já foi explorado anteriormente, as ferramentas BIM não estão ainda suficientemente enraizadas em Portugal e não há uma normalização adequada que regule a troca e partilhas de informações o que leva a que cada fornecedor tenha o seu código e nesse caso os modelos gerados por *software* não são compatíveis.

A falta de formação é outra das lacunas ainda existentes na metodologia BIM em Portugal. Por ser uma ferramenta que está ainda num nível baixo de maturidade no país não há ainda técnicos especializados e por isso as entidades municipais afirmam que uma maior oferta de formação teria um impacto bastante positivo na implementação da utilização de metodologias BIM em Portugal.

4.8. QUESTÃO 30 AOS GABINETES DE PROJETO: AVALIE A IMPORTÂNCIA DOS BENEFÍCIOS QUE IDENTIFICARAM NA EMPRESA COM A IMPLEMENTAÇÃO DE BIM

O processo descrito anteriormente foi aplicado à questão 30 do inquérito realizado por aos gabinetes de projeto para avaliar o estado de implementação de BIM em Portugal nestes intervenientes do setor.

A pergunta 30 do inquérito era destinada apenas a empresas que já adotaram a metodologia BIM. A questão pedia ao inquirido para classificar a importância dos benefícios que tinham sido identificados na empresa com a implementação de BIM.

- Melhoria na estratégia de marketing (MEM)
- Maior qualidade geral do projeto (MQP)
- Melhoria na compreensão pela visualização tridimensional (MC3D)
- Redução de erros e omissões (REO)
- Otimização de processos internos (OPI)
- Redução de tempo e custos (RTC)
- Maior fiabilidade na coordenação (MFC)
- Apoio à gestão da construção (AGC)
- Manutenção do edificado com a utilização dos modelos BIM (ME)

4.8.1 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN

Os resultados do cálculo do coeficiente de correlação de Spearman para as dimensões da questão 30 do inquérito aos gabinetes de projeto encontram-se no Quadro 12.

Quadro 12 - Resultados do cálculo do coeficiente de correlação de Spearman às variáveis da questão 30 aos gabinetes de projeto

	MEM	MQP	MC3D	REO	OPI	RTC	MFC	AGC	ME
MEM									
MQP	0,162								
MC3D	0,215	0,314*							
REO	0,354*	0,588**	0,223						
OPI	0,026	0,515**	0,036	0,569**					
RTC	-0,079	0,451**	0,151	0,393**	0,754**				
MFC	-0,007	0,276	0,065	0,419**	0,496**	0,479**			
AGC	0,065	-0,133	-0,033	0,071	0,183	0,177	0,165		
ME	0,184	-0,111	0,139	0,145	0,129	0,077	-0,203	0,510**	

** Correlação é significativa a 1% ; * Correlação é significativa a 5%

Através da análise do quadro consegue-se identificar algumas relações entre pares de variáveis. De destacar que as relações estatisticamente significativas são todas positivas. Verifica-se que a dimensão redução de erros e omissões é a que tem mais relações estatisticamente significativas com outras variáveis. De referir que as dimensões melhoria na estratégia de marketing, apoio à gestão da

construção e manutenção do edificado com utilização de modelos BIM apresentam um número reduzido de relações estatisticamente significativas.

4.8.2 TESTE DE FRIEDMAN

Como já foi referido anteriormente, o teste de Friedman é importante para perceber dos benefícios que as empresas identificaram com a implementação de BIM quais os que estas consideram mais importantes.

O resultado do teste de Friedman para a questão 19 do inquérito é 103,167 com um valor de prova de 0,000, o que revela que há de facto pelo menos uma variável que é estatisticamente diferente das restantes, o que demonstra que há benefícios que as empresas identificaram com a implementação de BIM que estas consideram mais importantes.

4.8.3 COMPARAÇÃO MÚLTIPLA - TESTE LSD DE FISHER

No Quadro 13 encontram-se os resultados dos testes de comparação múltipla das dimensões da questão 30 aos gabinetes de projeto. São apenas apresentadas as dimensões com mais resultados estatisticamente significativos. Os restantes resultados podem ser consultados nas tabelas apresentadas em anexo.

Quadro 13 - Resultados da comparação múltipla (teste LSD de Fisher) para a questão 30 do inquérito aos gabinetes de projeto

Diferença média (I-J) (I) (J)	MFC	MQP	REO	MC3D	ME
MEM	1,807*	1,77381*	1,93290*	1,229*	-1,910*
MQP	0,033		0,15909	-0,544	-3,684*
MC3D	0,578	0,54444	0,70354		-3,140*
REO	-0,126	-0,15909		-0,704	-3,843*
OPI	1,113*	1,07955*	1,23864*	0,535	-2,605*
RTC	1,215*	1,18182*	1,34091*	0,637	-2,502*
MFC		-0,03333	0,12576	-0,578	-3,718*
AGC	2,676*	2,64286*	2,80195*	2,098*	-1,041*
ME	3,718*	3,68421*	3,84330*	3,140*	

* Correlação é significativa a 5%

Da interpretação do quadro anterior verifica-se que as dimensões maior fiabilidade na coordenação do projeto e maior qualidade geral do projeto e redução de erros e omissões tem uma diferença positiva e estatisticamente significativa relativamente às variáveis, melhoria na estratégia de marketing, otimização de processos internos, redução de tempo e custos, apoio à gestão da construção e manutenção do edificado com a utilização de modelos BIM. As relações entre as primeiras não são estatisticamente diferentes e portanto não se pode considerar que a sua importância seja diferente.

A dimensão melhoria na compreensão do projeto pela visualização tridimensional apresenta uma diferença positiva e estatisticamente significativa relativamente às variáveis apoio à gestão da construção, melhoria na estratégia de marketing e manutenção do edificado com a utilização de modelos BIM.

Destes resultados pode-se concluir que os benefícios da implementação de BIM nas empresas que estas atribuem maior importância são dimensões maior fiabilidade na coordenação do projeto e maior qualidade geral do projeto e redução de erros e omissões, seguindo-se melhoria na compreensão do projeto pela visualização tridimensional.

A dimensão manutenção do edificado com a utilização de modelos BIM apresenta uma diferença negativa e estatisticamente significativa, o que permite concluir que é o benefício da implementação de BIM que as empresas atribuem menor importância.

Estes resultados destacam os benefícios mais imediatos da implementação de BIM, o que demonstra que os gabinetes de projeto estão ainda numa fase precoce da implementação das metodologias BIM, não atribuindo grande importância a benefícios que só se começam a fazer notar em fases mais avançadas, onde o nível de maturidade de BIM nas empresas é mais profundo.

De referir que as empresas não atribuem importância ao benefício da implementação de BIM de manutenção do edificado com recurso a modelos BIM. Este resultado não é de estranhar, uma vez que o mercado nacional está pouco desenvolvido na área de gestão da operação e manutenção do edificado, área cuja designação anglófona é *facilities management*. A nível internacional já começa a haver uma maior preocupação em projetar o edifício orientado para uma gestão da operação e manutenção mais eficiente e a utilização de modelos BIM para essa finalidade torna mais fácil o trabalho do gestor pois tem um modelo BIM do edificado, com toda a informação a este associada. No entanto este mercado está ainda pouco desenvolvido em Portugal e por isso não é de estranhar que as empresas atribuam muito pouca importância ao benefício de utilizar os modelos BIM para a manutenção do edificado até porque os gabinetes de projeto não costumam estar associados à fase de operação e manutenção, desligando-se do ciclo de vida do edificado após as fases de projeto e construção.

4.9. QUESTÃO 21 ÀS CÂMARAS MUNICIPAIS: AVALIE A IMPORTÂNCIA DOS BENEFÍCIOS QUE IDENTIFICARAM NA EMPRESA COM A IMPLEMENTAÇÃO DE BIM

A pergunta 30 do inquérito era destinada apenas às câmaras municipais que já adotaram a metodologia BIM. A questão pedia ao inquirido para classificar a importância dos benefícios que tinham sido identificados com a implementação de BIM:

- Melhoria na estratégia de marketing (MEM)
- Maior qualidade geral do projeto (MQP)
- Melhoria na compreensão pela visualização tridimensional (MC3D)
- Redução de erros e omissões (REO)
- Otimização de processos internos (OPI)
- Redução de tempo e custos (RTC)
- Maior fiabilidade na coordenação (MFC)
- Apoio à gestão da construção (AGC)

Manutenção do edificado com a utilização dos modelos BIM (ME) Nenhuma das câmaras municipais inquiridas adotou ainda as metodologias BIM e por esse motivo o número de respostas a esta questão é

nulo e não é possível fazer qualquer análise relativamente às vantagens que a utilização da metodologia BIM acrescenta às câmaras municipais.

5

CONCLUSÕES

O objetivo primário deste trabalho era avaliar o estado de implementação do BIM em Portugal e retirar algumas conclusões sobre as melhores medidas para impulsionar o crescimento dessa implementação. Numa fase em que a adoção da referida metodologia tem um impacto cada vez maior na indústria da construção civil no mundo inteiro, era interessante perceber como é que o setor da construção em Portugal se está a adaptar a este novo paradigma e traçar algumas estratégias de implementação para que os benefícios da implementação de metodologia BIM sejam aproveitados pela indústria da construção em Portugal.

O estudo desenvolvido deriva da análise dos resultados obtidos por Venâncio (Venâncio 2015) a um inquérito colocado a diversos intervenientes do setor da construção. O trabalho referido foi um estudo ímpar em Portugal com a finalidade de avaliar o estado de implementação da metodologia BIM. O corrente estudo partiu da necessidade de apurar os resultados do inquérito e fornecer um suporte estatístico que permita tirar conclusões dessas respostas que possam servir de base a políticas de crescimento da implementação da metodologia BIM em Portugal. O presente trabalho resulta de uma análise quantitativa através da aplicação de ferramentas estatísticas aos resultados anteriormente obtidos no sentido de fornecer comparações mais profundas das vantagens e aspetos considerados mais importantes para uma maior adoção e crescimento da implementação da metodologia BIM em Portugal identificados pelos respondentes ao inquérito citado.

Este trabalho é uma expansão do referido estudo, com o objetivo de determinar quais as vantagens da utilização de BIM que as empresas acreditam que sejam mais importantes e validar estatisticamente as conclusões retiradas das respostas ao inquérito para que possam servir de base ao planeamento de uma estratégia nacional de implementação da metodologia BIM. Para esse fim recorreu-se a três testes estatísticos, o coeficiente de correlação de Spearman, que permite quantificar o grau de associação entre duas variáveis, o teste de Friedman, que permite verificar se uma das vantagens se destaca das restantes e o teste LSD de Fisher, que permite efetuar comparação múltipla permitindo verificar se uma vantagem é mais relevante que outras para os respondentes.

O corrente trabalho incidiu num estudo das respostas dadas pelos grupos das câmaras municipais e dos gabinetes de projeto. A razão de se ter estudado estes dois grupos é por se tratarem das amostras de maior dimensão de todos os respondentes ao inquérito, o que permite uma análise mais sólida e consistente. Um outro motivo é que se acredita que são os grupos mais preponderantes para a implementação de medidas no sentido de promover uma maior adoção de BIM no país. Com efeito, uma vez que o grupo dos gabinetes de projeto é onde a implementação de BIM seria mais fácil porque conseguem retirar benefícios mais imediatos, a curto prazo, e não dependem de nenhum outro interveniente para o fazer, e as câmaras municipais por representarem a fase imediatamente seguinte

no ciclo de vida do edifício, a fase de licenciamento de projeto e também por se tratarem de grandes donos de obra.

Salienta-se que a maior parte das conclusões foram apresentadas ao longo do capítulo anterior, a par da interpretação dos resultados, de forma que no corrente capítulo sejam apresentadas algumas deliberações finais bem como sugestões de medidas para promover o crescimento da implementação de BIM em Portugal.

A avaliação do estado de implementação de BIM em Portugal permitiu concluir que é uma metodologia pouco adotada e que tem ainda muito pouca relevância no mercado nacional. O nível de maturidade da generalidade dos escassos utilizadores é baixo.

Uma análise do estado de implementação de BIM a nível global permite aferir que é uma metodologia que vai crescendo em importância e que vai ser marcante para o setor da construção nos próximos anos, de acordo com a perceção dos intervenientes inquiridos.

As principais conclusões que se podem retirar dos resultados do estudo do inquérito realizado aos gabinetes de projeto são que as vantagens da utilização da metodologia BIM consideradas mais importantes são: i) a redução de erros e omissões; ii) melhor compreensão do projeto através da visualização 3D; iii) redução do tempo e custo de projeto/obra.

O aspeto considerado mais importante pelos gabinetes de projeto para uma maior adesão à metodologia BIM é: i) a exigência por parte das entidades licenciadoras. Os aspetos considerados mais importantes para o crescimento da implementação da metodologia BIM são: i) melhoria da interoperabilidade entre *software*; ii) aumento do número de colaboradores com conhecimentos em BIM.

Do estudo realizado aos gabinetes de projeto que já adotaram BIM, pode-se concluir que os benefícios da implementação de BIM aos quais as empresas atribuem maior importância são: i) a maior fiabilidade na coordenação do projeto; ii) a maior qualidade geral do projeto; iii) redução de erros e omissões; iv) melhoria na compreensão do projeto através da visualização tridimensional.

As principais conclusões que se podem retirar dos resultados do estudo do inquérito realizado às câmaras municipais são que a vantagem da utilização da metodologia BIM considerada mais importante é: i) a melhor compreensão do projeto através da visualização 3D. Os aspetos considerados mais importantes para o crescimento da implementação da metodologia BIM são: i) a melhoria da interoperabilidade entre diferentes *software*; ii) mais oferta de formação.

Pretende-se que o corrente estudo contribua para um planeamento estratégico para o impulsionamento da implementação da metodologia em Portugal uma vez que revela quais as vantagens da utilização do BIM que são privilegiadas pelos intervenientes e os aspetos que estes consideram ser mais importantes para o crescimento da adoção à metodologia.

O estado atrasado de desenvolvimento da metodologia BIM em Portugal comparativamente a outros países europeus e mundiais, aliado à atual situação económica, faz com que o investimento não seja uma prioridade para as empresas de construção. As empresas reconhecem esse atraso, uma vez que quatro em cada cinco no grupo dos gabinetes de projeto tem conhecimento que o BIM já é uma exigência noutros países mas apenas um em cada cinco prevê essa exigência em Portugal nos próximos 5 anos apesar de mais de 75% preverem que a metodologia BIM será importante ou muito importante na indústria AEC nacional nesse período. No entanto, acredita-se que este paradigma é porventura uma grande oportunidade para desenvolver a indústria, com todos os benefícios que a metodologia BIM acarreta, de forma a tornar a indústria mais eficiente, com menos erros nos projetos

e na construção e maior qualidade no projeto e obra. A metodologia BIM pode ser o impulso que o setor precisa de forma a tornar-se mais produtivo e industrializado.

Um estudo (Arayici et al. 2011) concluiu que a dinâmica de implementação de BIM na fase do projeto mais eficaz é a dinâmica de abordagem de baixo para cima (*bottom-up*), uma vez que o BIM traz tantas reformas ao nível das pessoas e dos processos de trabalho como tecnologia inovadora e esta abordagem permite um melhor compromisso entre as pessoas e o processo de adoção de BIM, permite que a habilidade, perícia e conhecimento de BIM dos recursos humanos aumente permitindo às organizações desenvolver as suas capacidades, assim como as estratégias de gestão são melhor consolidadas e implementadas e a resistência à mudança é diminuída.

Sente-se a necessidade da implementação de uma estratégia nacional no sentido de impulsionar a adoção de BIM, uma vez que existe a pressão adicional colocada pela publicação de normativas europeias no sentido de reformar os contratos de adjudicação em obras públicas que implica que comecem a ser aplicadas medidas nesse sentido.

Perante o estado atual do setor da construção em Portugal uma implementação imposta pelas entidades governamentais, de cima para baixo, teria algumas contrariedades, uma vez que o setor não está ainda preparado para ter de recorrer à tecnologia BIM para desenvolver os seus trabalhos. Em alternativa, poderia funcionar se aplicada com uma meta de ser obrigatória a utilização da metodologia BIM na construção após um período de tempo.

Sugere-se que a estratégia desenvolvida conduza a políticas tomadas no sentido de promover a implementação da tecnologia que sejam aplicadas com uma abordagem passiva ou até ativa, mas não assertiva, promovendo assim a consciencialização e a educação dos intervenientes do setor, em vez da imposição da utilização de BIM, com políticas que permitam alguma flexibilidade de forma a não sufocar as empresas com a obrigação de grandes investimentos na atual conjuntura económica.

Sugere-se que as entidades governamentais adotem uma postura ativa, através da promoção de atividades de divulgação e consciencialização, bem como promoção de ações de formação de recursos humanos e incentivos à utilização de BIM, preparando assim do setor para a implementação de metodologia BIM, até porque, por norma, um forte apoio e incentivo do setor público beneficia um mais uniforme e melhor coordenado mecanismo de implementação e desenvolvimento do BIM em todo o país.

Os gabinetes de projeto, provavelmente o grupo onde a implementação da metodologia BIM terá mais benefícios a curto prazo e por isso têm tendência a adotar primeiro a tecnologia BIM atestam que a exigência por parte das entidades licenciadoras é o aspeto mais importante para o crescimento da adoção da metodologia BIM em Portugal. No entanto, nenhuma das câmaras municipais adotou ainda a metodologia BIM.

Saliente-se que seria interessante que fosse criada a possibilidade das entidades licenciadoras aceitarem entregáveis de projeto BIM. No entanto, os *software* que permitem o licenciamento automático não estão ainda suficientemente desenvolvidos para realizar este cenário.

O nível de maturidade BIM é ainda muito baixo em Portugal, havendo um número escasso de técnicos e especialistas BIM, sugerindo-se por isso a dinamização de cursos de formação para preparar o setor para a utilização das ferramentas BIM.

Todavia, o primeiro passo tem obrigatoriamente que ser a criação de uma norma nacional BIM que esteja de acordo com as indicações europeias mas que simultaneamente esteja adaptada à realidade da indústria da construção em Portugal, que regule o processo de partilha de informações num modelo

BIM entre os diferentes intervenientes no projeto e que seja um guia de auxílio ao projeto com recurso às ferramentas BIM.

Saliente-se que estão a ser desenvolvidos esforços no sentido de criar normativas e legislar para o BIM em Portugal. Já foi destacada uma comissão técnica, a CT 197, coordenada pelo Instituto Superior Técnico, que está a trabalhar a normalização BIM portuguesa, bem como outros grupos como o Grupo de Trabalho BIM (GTBIM) e o grupo BIM Fórum Portugal que têm como objetivo promover a adoção de BIM em Portugal e tem vindo a trabalhar para facilitar e acelerar a implementação da metodologia BIM em Portugal.

A implementação da metodologia BIM em Portugal pode ser uma oportunidade para reestruturar o setor, otimizar os seus processos e contribuir para a industrialização do setor da construção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arayici, Y., P. Coates, L. Koskela, M. Kagioglou, C. Usher e K. O'Reilly. 2011. "Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice". *Automation in Construction* no. 20 (2):189-195. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580510001457>.
- Barlish, Kristen e Kenneth Sullivan. 2012. "How to measure the benefits of BIM — A case study approach". *Automation in Construction* no. 24:149-159. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580512000234>.
- Best, D. J. e D. E. Roberts. 1975. "Algorithm AS 89: The Upper Tail Probabilities of Spearman's Rho". *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)* no. 24 (3):377-379. <http://www.jstor.org/stable/2347111>.
- Brunnermeier, Smita B e Sheila A Martin. 1999. "Interoperability cost analysis of the US automotive supply chain".
- Bryde, David, Martí Broquetas e Jürgen Marc Volm. 2013. "The project benefits of Building Information Modelling (BIM)". *International Journal of Project Management* no. 31 (7):971-980. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263786312001779>.
- buildingSMART. 2015. Acedido a 22-04-2015. <http://www.buildingsmart-tech.org/>.
- Conover, WJ. 1999. "Statistics of the Kolmogorov-Smirnov type". *Practical nonparametric statistics*:428-473.
- Dodge, Data&Analytics. 2015. The Business Value of BIM in China. Em *SmartMarket Report*.
- Eadie, Robert, Mike Browne, Henry Odeyinka, Clare McKeown e Sean McNiff. 2013. "BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis". *Automation in Construction* no. 36:145-151. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580513001507>.
- Eastman, Chuck, Charles M Eastman, Paul Teicholz e Rafael Sacks. 2011. *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons.
- Eastman, CM, Y-S Jeong, R Sacks e I Kaner. 2009. "Exchange model and exchange object concepts for implementation of national BIM standards". *Journal of Computing in Civil Engineering* no. 24 (1):25-34.
- Geroski, P. A. 2000. "Models of technology diffusion". *Research Policy* no. 29 (4–5):603-625. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004873339900092X>.
- Grilo, António e Ricardo Jardim-Goncalves. 2010. "Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments". *Automation in Construction* no. 19 (5):522-530. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580509001733>.
- Hietanen, Jiri e Status Final. 2006. "IFC model view definition format". *International Alliance for Interoperability*.
- Howard, Rob e Bo-Christer Björk. 2008. "Building information modelling – Experts' views on standardisation and industry deployment". *Advanced Engineering Informatics* no. 22 (2):271-280. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474034607000201>.
- Howell, Ian e Bob Batcheler. 2005. "Building information modeling two years later—huge potential, some success and several limitations". *The Laiserin Letter* no. 22.
- Jardim-Goncalves, Ricardo e Antonio Grilo. 2010. "SOA4BIM: Putting the building and construction industry in the Single European Information Space". *Automation in Construction* no. 19 (4):388-397. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580509001794>.
- Khanzode, Anul, Martin Fischer e Dean Reed. 2007. "Benefits and lessons learned of implementing building virtual design and construction (VDC) technologies for coordination of mechanical, electrical, and plumbing".
- Khemlani, Lachmi. 2011. CORENET e-PlanCheck: Singapore's Automated Code Checking System. AECbytes.
- Khosrowshahi, Farzad e Yusuf Arayici. 2012. "Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry". *Engineering, Construction and Architectural Management* no. 19 (6):610-635.
- Lee, G, J Lee e SA Jones. 2012. "The business value of BIM in South Korea". *SmartMarket Rep*.
- Leicht, Robert M e John I Messner. 2007. "Comparing traditional schematic design documentation to a schematic building information model". Comunicação apresentada em Bringing ITCKnowledge to Work: 2Proceedings of the 24th W78 Conference, Maribor.

- Likhitruangsilp, Veerasak e Kanokwan Ruangpin. "Integrating Optimal Model Elements with Level of Development (LOD) Concepts for Building Information Modeling (BIM) Design Models".
- Lu, Weisheng, Ada Fung, Yi Peng, Cong Liang e Steve Rowlinson. 2014. "Cost-benefit analysis of Building Information Modeling implementation in building projects through demystification of time-effort distribution curves". *Building and Environment* no. 82:317-327. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132314002893>.
- Maroco, João. 2007. *Análise estatística: com utilização do SPSS*.
- McGraw-Hill. 2012. "The business value of BIM in North America: multi-year trend analysis and user ratings (2007-2012)". *Smart Market Report*.
- McGraw&Hill, Construction. 2014. "The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets". *SmartMarket Report* no. 202014.
- Porwal, Atul e Kasun N. Hewage. 2013. "Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects". *Automation in Construction* no. 31:204-214. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580512002439>.
- PTPC. 2015. Acedido a 15-12-2015. www.ptpc.pt/.
- Siegel, Sidney e N John Castellan Jr. 1988. "Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences". NewY) rk: McGraw-Hill.
- Smith, Dana K e Michael Tardif. 2009. *Building information modeling: a strategic implementation guide for architects, engineers, constructors, and real estate asset managers*. John Wiley & Sons.
- Succar, Bilal. 2010. "The five components of BIM performance measurement". Comunicação apresentada em Proceedings of CIB World Congress, Salford.
- Succar, Bilal e Mohamad Kassem. 2015. "Macro-BIM adoption: Conceptual structures". *Automation in Construction* no. 57:64-79. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580515001028>.
- Succar, Bilal, Willy Sher e Anthony Williams. 2013. "An integrated approach to BIM competency assessment, acquisition and application". *Automation in Construction* no. 35:174-189. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580513000836>.
- Underwood, Jason. 2009. *Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies: Concepts and Technologies*. IGI Global.
- Vanlande, Renaud, Christophe Nicolle e Christophe Cruz. 2008. "IFC and building lifecycle management". *Automation in Construction* no. 18 (1):70-78. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580508000800>.
- Venâncio, Maria João Lima. 2015. "Avaliação da Implementação de Bim Building Information Modeling em Portugal", Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Wong, AKD, FRANCIS KW Wong e A Nadeem. 2009. "Comparative roles of major stakeholders for the implementation of BIM in various countries". *Hong Kong Polytechnic University*.
- Wong, Andy KD, Francis KW Wong e Abid Nadeem. 2010. "Attributes of building information modelling implementations in various countries". *Architectural Engineering and Design Management* no. 6 (4):288-302.
- Young, NW, SA Jones, Harvey M Bernstein e John Gudgel. 2009. "The Business Value of BIM-Getting Building Information Modeling to the Bottom Line". Bedford, MA: McGraw-Hill Construction no. 51.

