

# Barreiras à implementação do BIM em Portugal

<https://doi.org/10.21814/uminho.ed.164.31>

**Miguel Lourenço<sup>1</sup>, Amílcar Arantes<sup>2</sup>,  
António Aguiar Costa<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, 0009-0008-0699-4006*

<sup>2</sup> *CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, 0000-0003-1207-5854*

<sup>3</sup> *CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, 0000-0002-5123-4451*

## Resumo

O manuscrito tem como objetivo determinar as barreiras à implementação do BIM em Portugal. Uma lista de barreiras foi compilada da literatura e classificada por peritos através de um Inquérito Delphi, resultando em 15 barreiras críticas. De seguida, foi desenvolvido o modelo de *Interpretive Structural Modelling* (ISM), que representa as relações hierárquicas entre as barreiras, seguida da análise MICMAC, que representa as forças de dependência e influência. As principais barreiras foram a falta de avaliação e feedback sobre implementações bem-sucedidas do BIM, desconhecimento das capacidades/benefícios do BIM, escassez de profissionais capacitados em BIM, cooperação fraca na adoção do BIM pelas restantes partes interessadas, resistência à mudança e a falta de apoio e conhecimento da alta administração.

## 1. Introdução

A indústria da construção é um setor vital da economia global e desempenha um papel significativo no crescimento e desenvolvimento dos países, gerando aproximadamente 9% do PIB da União Europeia (UE) e empregando 18 milhões de pessoas [1]. Em Portugal, contribui com 6,2% do emprego e cerca de 5% do PIB [2]. Apesar da sua importância, a indústria sofreu poucas alterações e viu um crescimento de produtividade diminuto [3], o que significa que os problemas tipicamente associados com esta indústria como atrasos e excedência de orçamentos persistem, sendo muitas vezes atribuídos a gestão deficiente e falta de inovação [4]. Adicionalmente, a indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) é um setor com investimentos em pesquisa e desenvolvimento significativamente inferiores a outras indústrias [5], pelo que colmatar esta diferença poderá ajudar a abordar o déficit de produtividade, assim como fornecer soluções para os problemas supracitados. Neste sentido, novas tecnologias como a Modelação da Informação da Construção ou *Building Information Modelling* (BIM) estão a ser estudadas [6].

O BIM é uma tecnologia e processo que providencia um ambiente digital colaborativo, incorporando todas as informações relevantes de um projeto num modelo, acessível na *cloud* a todas as partes interessadas [7]. Esta tecnologia fornece soluções para vários problemas da indústria da construção e já foi implementada em alguns países como o Reino Unido, Finlândia e Suécia [8]. Em Portugal, a implementação do BIM ainda não atingiu níveis significativos, apesar dos possíveis benefícios [9]. Este estudo visa identificar as principais barreiras à implementação do BIM na indústria da construção portuguesa e entender as suas inter-relações hierárquicas.

## 2. Revisão da literatura

Uma extensa revisão da literatura foi realizada de forma a reunir as barreiras à implementação do BIM mais frequentemente mencionadas em estudos similares. Na Tabela 1 estão mencionados alguns dos estudos consultados (a lista completa pode ser consultada em [10]).

Tabela 1 – Estudos de barreiras à implementação do BIM, metodologia e principais barreiras.

Autor, país	Metodologia	Principais Barreiras
Gu e London (2010), Austrália	<i>Focus Group</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Práticas e processos de trabalho: organização, gestão, validação e integridade de dados, dados conforme construído.</li> <li>• Questões técnicas: padrões, registo de comunicação, segurança.</li> <li>• Outros desafios: papéis, responsabilidades, apoio à formação.</li> </ul>
C. W. Chan (2014), Hong Kong	Revisão da literatura e questionário	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de pessoal qualificado para realizar tarefas relacionadas com o BIM.</li> <li>• Falta de formação/treino.</li> <li>• Falta de padrões.</li> </ul>
Olawumi et al. (2018), oito países diferentes	Inquérito Delphi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistência à mudança da indústria de métodos tradicionais.</li> <li>• Período extenso de adaptação a tecnologias inovadoras.</li> <li>• Falta de compreensão dos processos e metodologias necessários para o BIM e sustentabilidade.</li> <li>• Falta de iniciativa e hesitação em relação a futuros investimentos.</li> </ul>
G. Ma et al (2019), China	Modelo ISM e análise MICMAC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de liderança.</li> <li>• Falta de funcionalidade do software.</li> <li>• Apoio financeiro insuficiente.</li> <li>• Falta de apoio e respeito.</li> <li>• Complexidade.</li> <li>• Baixa interoperabilidade e compatibilidade.</li> </ul>
Farooq et al. (2020), Paquistão	Revisão da literatura, questionário, ISM e MICMAC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo inicial elevado.</li> <li>• Métodos atuais são suficientes.</li> <li>• Falha de comunicação dentro da organização.</li> </ul>

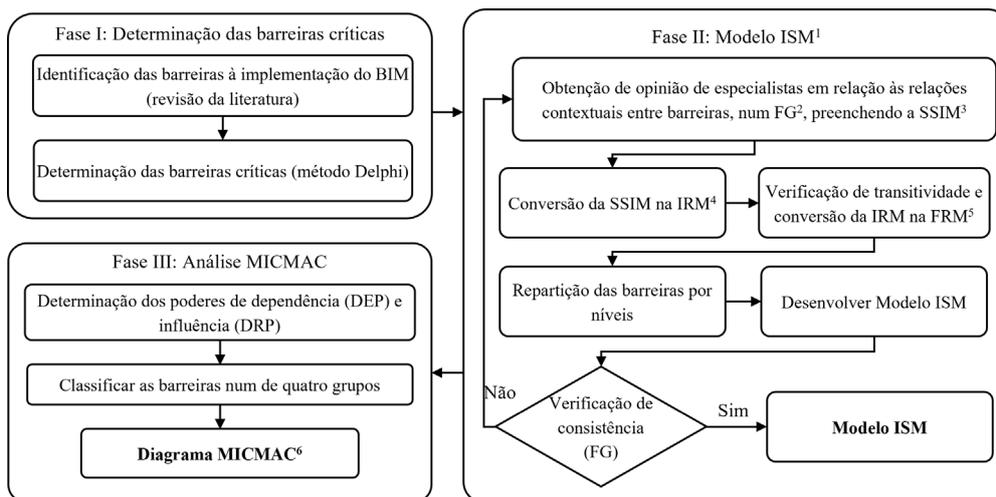
Ao analisar a literatura sobre as barreiras à implementação do BIM, a maioria dos estudos apenas identifica e classifica as barreiras de acordo com sua importância, sem fornecer uma análise aprofundada das suas inter-relações e hierarquia. Apesar da publicação de vários estudos que se focam nas barreiras à implementação do BIM, não foi encontrado nenhum estudo sobre as barreiras à implementação do BIM em Portugal.

### 3. Metodologia

Neste estudo foi adotada uma metodologia do tipo *Mixed Methods Research* (MMR), onde se combinam métodos quantitativos, como a metodologia ISM (*Interpretive Structural Modelling*) [15] e MICMAC (*Impact Matrix Cross-Reference Multiplication Applied to a Classification*) [16]; e qualitativos como o inquérito Delphi [17] e *Focus Group* [18].

A combinação da metodologia ISM com a análise MICMAC, permite a compreensão das inter-relações e hierarquias complexas das barreiras à implementação do BIM, bem como estas são influenciadas e influenciam outras. Assim, a metodologia deste estudo tem as três fases descritas na Figura 1.

**Figura 1**  
Metodologia do estudo.



Notas: <sup>1</sup> Interpretive Structural Modelling; <sup>2</sup> Focus Group; <sup>3</sup> Structural Self Intersection Matrix; <sup>4</sup> Initial Reachability Matrix; <sup>5</sup> Final Reachability Matrix; <sup>6</sup> Matrice d'Impacts Croisés Multiplication Appliqués à un Classement

### 3.1. Inquérito Delphi e Focus Group

O Inquérito Delphi é uma técnica de tomada de decisão para obter um consenso de um grupo de especialistas por meio de uma série de rondas de um questionário estruturado [19]. Este método permite que os especialistas comuniquem os seus conhecimentos e opiniões relativas a um tópico complexo de forma anónima, tendo de seguida oportunidade de perceber como as suas visões se alinham com as dos restantes participantes e, se assim o desejarem, alterar as suas respostas. Neste estudo, o painel de especialistas foi composto por três académicos de Engenharia Civil com mais de 15 anos de experiência e nove profissionais com mais de 10 anos de experiência na indústria da construção, com distribuição igual entre entidades privadas e públicas. Este painel de especialistas possui um conhecimento extensivo sobre BIM e reflete uma ampla variedade de visões e perspetivas, com o objetivo de promover uma troca de ideias e perspetivas.

O *Focus Group* (FG) é uma abordagem exploratória por natureza, que coleta dados qualitativos por meio da discussão do grupo, facilitada por um moderador [18]. Os FG encorajam discussão entre peritos, acerca das suas perceções, crenças, opiniões e atitudes em relação a um produto, conceito ou teoria. Neste estudo, oito dos especialistas que participaram no inquérito Delphi foram convidados a participar no FG onde se definiram as relações entre as barreiras à implementação do BIM, para ponto de partida do modelo ISM.

### 3.2. Modelo ISM e Análise MICMAC

O modelo ISM é um procedimento de aprendizagem em grupo suportado por computador, utilizada para analisar as relações entre variáveis de sistemas complexos e dinâmicos [15]. Este modelo traduz modelos mentais em sistemas observáveis, ampliando a compreensão das variáveis ao definir inter-relações e hierarquias. Neste

estudo, o desenvolvimento do modelo ISM segue as seis etapas bem definidas na literatura [20].

A análise MICMAC [21] baseia-se nas propriedades de multiplicação de matrizes para distribuir e compreender um conjunto de variáveis do sistema conforme o seu *driving power* (DRP) ou poder de influência e o seu *dependence power* (DEP) ou poder de dependência. O DRP indica a capacidade da barreira de influenciar outra, enquanto que o DEP indica o quanto essa barreira é influenciada por outras. Desta análise, resulta um diagrama DRP-DEP, agrupando as barreiras num de quatro grupos: Independente (DRP forte e DEP fraco), Ligação (DRP forte e DEP forte), Dependente (DRP fraco e DEP forte) e Autónomo (DRP fraco e DEP fraco).

## 4. Resultados

A obtenção de resultados segue as 3 fases mencionadas na metodologia do estudo (Figura 1).

### 4.1. Fase I: Determinação das barreiras críticas para a implementação do BIM

O ponto de partida para este estudo foi a realização de uma revisão da literatura, abrangendo os estudos das barreiras à implementação do BIM. Após a fusão de barreiras semelhantes e adaptação ao contexto português por três académicos com conhecimento em BIM, foram selecionadas 28 barreiras (Tabela 2), divididas em cinco grupos: Tecnológico, Custo, Organizacional, Ambiente Externo e Legal.

Para a determinação das barreiras críticas, os especialistas receberam um email explicativo sobre os objetivos do estudo e a lista de barreiras recolhida da literatura. Após esclarecimentos, realizaram-se três rondas do inquérito Delphi, onde os especialistas pontuaram as 28 barreiras da Tabela 2 numa escala de 1 a 7, onde “7” significa que a barreira é extremamente crítica à implementação do BIM, “4” é crítica, e “1” ligeiramente ou nada crítica à implementação do BIM [22]. Após cada ronda, a média geométrica foi calculada. A média geométrica foi escolhida para evitar o impacto de valores extremos. Barreiras com uma média geométrica maior ou igual a 5 foram consideradas críticas [22]. No final da primeira ronda, nove barreiras foram consideradas críticas. De seguida, na segunda ronda, os especialistas foram informados dos resultados da primeira ronda e foi-lhes pedido que voltassem a classificar as barreiras, obtendo 15 barreiras críticas. Na terceira ronda, o mesmo procedimento foi seguido, onde se obteve um consenso entre especialistas, mantendo as mesmas 15 barreiras como críticas (em negrito na Tabela 2). Doravante as barreiras críticas serão designadas por barreiras, por simplicidade.

Tabela 2 – Lista de barreiras à implementação do BIM.

N.	Barreira	Categoria
1	Falta de funcionalidades das ferramentas BIM	
2	Complexidade das ferramentas BIM	
3	Riscos relacionados ao projeto BIM e possíveis defeitos de engenharia e informação	Tecnológica
4	Imaturidade da tecnologia BIM	
5	Dificuldades de interoperabilidade do software	
6	<b>Custo de aquisição de software (B1)</b>	
7	<b>Investimento em TI necessário para a transição para o BIM (B2)</b>	Custo
8	<b>Investimento de tempo e capital em formação (B3)</b>	
9	<b>Mudança nos métodos de trabalho necessária (B4)</b>	
10	<b>Falta de padrões BIM e estratégias de implementação (B5)</b>	
11	<b>Falta de apoio e conhecimento da alta administração (B6)</b>	
12	<b>Necessidade de reestruturação corporativa (B7)</b>	
13	Falta de protocolos de comunicação interna	Organiza- cional
14	Métodos atuais fornecem resultados satisfatórios	
15	<b>Cooperação fraca na adoção do BIM pelas restantes partes interessadas (B8)</b>	
16	Falta de estrutura de TI na empresa	
17	<b>Falta de experiência dentro da empresa para implementação do BIM (B9)</b>	
18	Cooperação fraca de outros parceiros da indústria	
19	<b>Resistência à mudança (B10)</b>	
20	Falta de formações de BIM disponíveis	
21	<b>Escassez de profissionais capacitados em BIM (B11)</b>	
22	Falta de interesse/demanda do cliente	Ambiente Externo
23	<b>Desconhecimento das capacidades/benefícios do BIM (B12)</b>	
24	<b>Falta de avaliação e feedback sobre implementações bem-sucedidas do BIM (B13)</b>	
25	<b>Natureza fragmentada da indústria da construção (B14)</b>	
26	Questões relacionadas à posse e direitos dos dados do BIM.	
27	<b>Falta de regulamentação governamental (B15)</b>	Legal
28	Preocupações relacionadas à estrutura de segurança e seguros do BIM.	

#### 4.2. Fase II – Modelo ISM

A metodologia ISM começa por estabelecer as relações entre barreiras. Isto foi feito num FG, onde os especialistas classificaram as relações entre barreiras com a seguinte notação [13]: V – a barreira *i* influencia a *j*; A – a barreira *j* influencia a *i*; X – as barreiras *i* e *j* influenciam-se mutuamente; O – as barreiras *i* e *j* não se influenciam. Estes resultados foram organizados numa matriz triangular, resultando na *Structural Self Intersection Matrix* (SSIM) (Tabela 3).

De seguida, estes valores foram então convertidos em binário, dando origem à *Initial Reachability Matrix* (IRM), sendo depois identificadas todas as relações de transitividade com um “1\*”, isto é, se a barreira *i* influencia a barreira *j*, e a barreira *j* influencia a barreira *k*, então a barreira *i* influencia a barreira *k*. Com isto, obteve-se a *Final Reachability Matrix* (FRM) (Tabela 4). Adicionalmente, o DRP e DEP de cada barreira foram também determinados, sendo o primeiro a soma da respetiva linha, e o segundo a soma da respetiva coluna.

Tabela 3 – *Structural Self Intersection Matrix (SSIM)*

CB	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1		V	O	O	O	A	O	O	O	O	O	O	O	O	O		
2			O	O	O	A	O	A	O	O	O	A	O	O	O		
3				A	A	A	O	O	A	O	A	O	O	O	O		
4					A	A	X	O	A	A	O	O	O	A	O		
5						O	V	A	O	O	A	O	A	A	A		
6								V	O	O	V	O	A	A	O		
7									A	A	A	O	O	A	A		
8										A	A	A	O	O	A		
9											O	A	O	O	O		
10												O	A	A	O		
11													O	O	O		
12														O	O		
13															A		
14																O	
15																	O

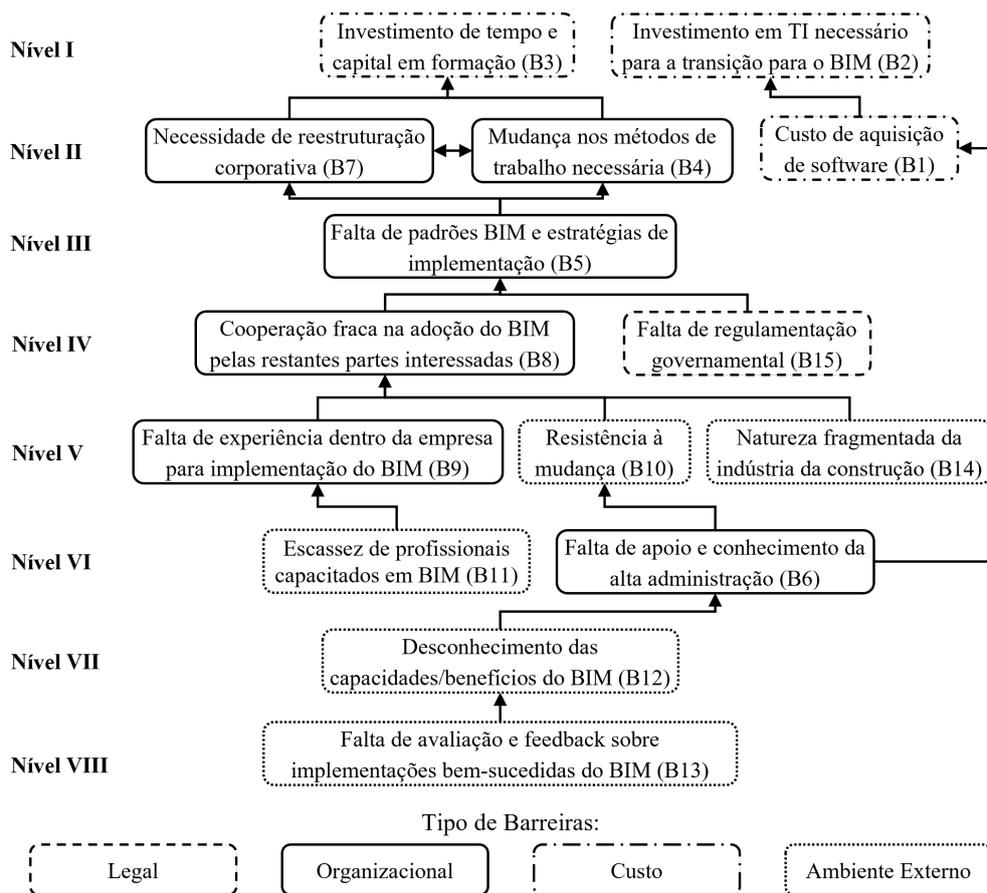
O próximo passo à criação do modelo ISM é a repartição das barreiras por níveis hierárquicos, onde se definem os conjuntos alcançabilidade (conjunto de barreiras influenciadas pela barreira  $i$ ), antecedente (conjunto de barreiras que influenciam a barreira  $i$ ) e interseção (conjunto de barreiras comuns aos dois conjuntos anteriores), obtendo-se assim, oito níveis [15].

Uma versão inicial do modelo ISM foi criada organizando verticalmente as barreiras de acordo com o seu nível hierárquico, ligando-as de acordo com a FRM, eliminando-se as ligações indiretas, obtendo-se assim, o modelo ISM. Por fim, foi pedido aos especialistas presentes no FG que verificassem se o modelo obtido correspondia ao “modelo mental” que tinham sobre as relações entre as barreiras. Os especialistas concordaram, e o modelo ISM ficou determinado (Figura 2). De acordo com o modelo, a maior barreira à implementação do BIM em Portugal é a falta de avaliação e feedback sobre a implementações bem-sucedidas do BIM (B13), uma vez que se encontra no nível hierárquico superior. As barreiras B11, B14 e B15, apesar de não estarem no nível superior, também requerem especial atenção por não terem barreiras precedentes, isto é, não são influenciadas pelas restantes barreiras.

Tabela 4 – Final Reachability Matrix (FRM)

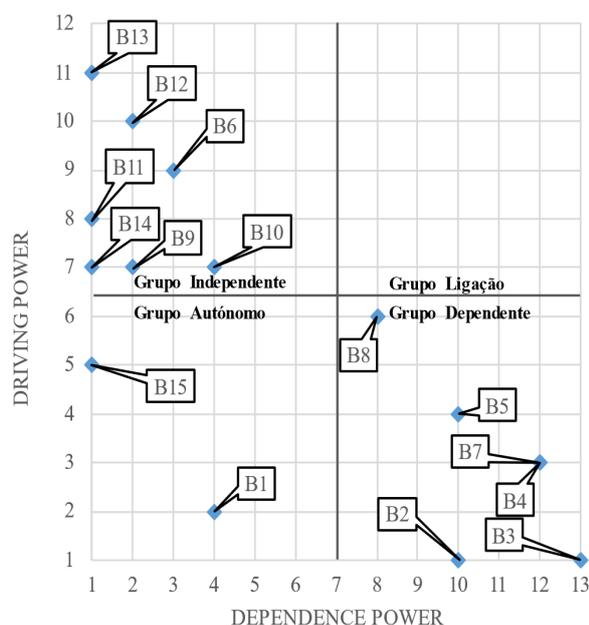
CB	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	DRP
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
4	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
5	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4
6	1	1	1	1	1*	1	1	1*	0	1	0	0	0	0	0	9
7	0	0	1*	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
8	0	1	1*	1*	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	6
9	0	1*	1	1	1*	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	7
10	0	1*	1*	1	1*	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	7
11	0	1*	1	1*	1	0	1*	1	1	0	1	0	0	0	0	8
12	1*	1	1*	1*	1*	1	1*	1*	0	1	0	1	0	0	0	10
13	1*	1*	1*	1*	1	1	1	1*	0	1	0	1	1	0	0	11
14	0	1*	1*	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	7
15	0	0	1*	1*	1	0	1*	0	0	0	0	0	0	0	1	5
DEP	6	10	13	12	10	3	12	8	2	4	1	2	1	1	1	

**Figura 2**  
Modelo ISM das barreiras à implementação do BIM em Portugal.



### 4.3. Fase III – Análise MICMAC

A análise MICMAC foi utilizada para classificar e entender as barreiras à implementação do BIM, de acordo com os seus DRP e DEP calculados na Tabela 4. Estes valores foram traçados no gráfico da Figura 3, onde cada barreira foi colocada num dos quatro grupos. Como é visível na Figura 3, o grupo Ligação ficou vazio o que não é incomum na literatura [20]. De seguida, no grupo Autónomo ficaram as barreiras B1 e B15. Estas barreiras são barreiras com DRP e DEP baixo, o que significa que estão algo desconectadas do sistema.



**Figura 3**  
Diagrama MICMAC.

No grupo Dependente ficaram as barreiras B2, B3, B4, B5, B7 e B8. Estas barreiras têm DRP baixo e DEP elevado, o que significa que são fortemente influenciadas pelo sistema, mas a sua influência nas restantes barreiras é diminuta.

Por último, no grupo Independente, ficaram as barreiras B6, B9, B10, B11, B12 e B13. Estas barreiras têm um DRP alto e DEP baixo, o que significa que influenciam as restantes barreiras, mas não são praticamente afetadas por elas. De acordo com a análise MICMAC, estas sete barreiras são as principais barreiras à implementação do BIM em Portugal.

### 4.4. Discussão dos resultados

Combinando a barreira do topo do modelo ISM, com as barreiras do grupo Independente da análise MICMAC, é possível estabelecer as principais barreiras à implementação do BIM em Portugal. No entanto, para o desenvolvimento de medidas de mitigação que atuam sobre o sistema, também é necessário considerar as barreiras do grupo Autónomo, por terem um DEP baixo, significando que não serão afetadas

por medidas desenvolvidas para as restantes barreiras. Assim, as principais barreiras à implementação do BIM em Portugal são a falta de avaliação e feedback sobre implementações bem-sucedidas do BIM (B13); o desconhecimento das capacidades/benefícios do BIM (B12); a falta de apoio e conhecimento da alta administração (B6); a escassez de profissionais capacitados em BIM (B11); a natureza fragmentada da indústria da construção (B14); a falta de experiência dentro da empresa para implementação do BIM (B9); a resistência à mudança (B10); a falta de regulamentação governamental (B15) e o custo de aquisição de software (B1).

## 5. Conclusão

Este estudo pretende identificar as principais à implementação do BIM em Portugal, com base nas relações hierárquicas entre elas e o seu poder de influência (DRP) e dependência (DEP). Da literatura, foram extraídas 28 barreiras para a implementação do BIM, sendo depois utilizadas num inquérito Delphi, onde 15 barreiras foram identificadas como críticas. De seguida, estas barreiras foram utilizadas para elaborar o modelo ISM e análise MICMAC, com recurso a um FG. Finalmente, combinando os resultados de ambos os métodos, definiu-se o conjunto das principais barreiras à implementação do BIM em Portugal.

Com base nestas barreiras, o próximo passo seria definir medidas de mitigação. Estas medidas deverão ser desenvolvidas com base no modelo ISM e tirando partido das relações de dependência entre barreiras. Adicionalmente, deverão ser desenvolvidas de forma que atuem sobre múltiplas barreiras, e ao mesmo tempo, atuando sobre barreiras hierarquicamente inferiores. Por último, deverá ser analisada a necessidade de desenvolvimento de medidas específicas para as barreiras do grupo Autónomo, uma vez que estas não são pouco ou nada influenciadas pelo sistema de barreiras, o que significa que requerem medidas direcionadas

Este trabalho contribuiu para o corpo de conhecimento do BIM, uma vez que não existia nenhuma investigação do ponto de vista da indústria de construção portuguesa nas barreiras a adotar esta tecnologia. Adicionalmente, as conclusões deste estudo tanto informam a indústria das características, benefícios e barreiras esperadas aquando da implementação do BIM, bem como permitem, num estudo futuro desenvolver medidas de mitigação.

Apesar das suas contribuições, este estudo também tem as suas limitações. Primeiramente, estes resultados poderão não ser aplicáveis a outras geografias. Adicionalmente, como o ponto de partida para o estudo foi uma revisão da literatura das barreiras à implementação do BIM, barreiras mais recentes ainda não abordadas na literatura poderão não ter sido consideradas, bem como barreiras específicas ao caso português. No entanto, isto foi minimizado permitindo que os especialistas façam comentários durante o inquérito Delphi.

## Agradecimentos

Os autores agradecem aos especialistas pela participação nas entrevistas dos Focus Group. Esta investigação foi patrocinada por fundos nacionais através da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) com a referência UIDB/04625/2020.

## Referências

- [1] EU BIM Task Group, «Handbook for the Introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector», 2017.
- [2] IMPIC, «RELATÓRIO DO SETOR DA CONSTRUÇÃO EM PORTUGAL 2021 1.º Semestre», 2021.
- [3] F. Barbosa *et al.*, «REINVENTING CONSTRUCTION: A ROUTE TO HIGHER PRODUCTIVITY», 2017. Acedido: 14 de Setembro de 2022. [Em linha]. Disponível em: <http://dln.jaipuria.ac.in:8080/jspui/bitstream/123456789/2898/1/MGI-Reinventing-Construction-Full-report.pdf>
- [4] Y.J. T. Zidane e B. Andersen, «The top 10 universal delay factors in construction projects», *International Journal of Managing Projects in Business*, vol. 11, n. 3, pp. 650-672, Mai. 2018, doi: 10.1108/IJMPB-05-2017-0052.
- [5] G. Seaden e A. Manseau, «Public policy and construction innovation», *Building Research and Information*, vol. 29, n. 3, pp. 182-196, Mai. 2001, doi: 10.1080/09613210010027701.
- [6] A.B.Saka e D.W.M.Chan, «Knowledge, skills and functionalities requirements for quantity surveyors in building information modelling (BIM) work environment: an international Delphi study», *Architectural Engineering and Design Management*, vol. 16, n. 3, pp. 227-246, Mai. 2019, doi: 10.1080/17452007.2019.1651247.
- [7] N. Gu e K. London, «Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry», *Autom Constr*, vol. 19, n. 8, pp. 988-999, Dez. 2010, doi: 10.1016/j.autcon.2010.09.002.
- [8] C. Panteli *et al.*, «Overview of BIM integration into the Construction Sector in European Member States and European Union Acquis», em *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Institute of Physics Publishing, Jan. 2020. doi: 10.1088/1755-1315/410/1/012073.
- [9] M. Kassem e B. Succar, «Macro BIM adoption: Comparative market analysis», *Autom Constr*, vol. 81, pp. 286-299, Set. 2017, doi: 10.1016/j.autcon.2017.04.005.
- [10] M. Pereira Lourenço, A. José Martins Arantes, e A. Morais Aguiar da Costa, «Barriers to BIM (Building Information Modelling) Implementation in the Portuguese Construction Industry Committee», Instituto Superior Técnico, Lisbon, 2023.

- [11] C. T. W. Chan, «Barriers of Implementing BIM in Construction Industry from the Designers' Perspective: A Hong Kong Experience», *Journal of System and Management Sciences*, vol. 4, n. 2, pp. 1818-0523, 2014.
- [12] T. O. Olawumi e D. W. M. Chan, «Identifying and prioritizing the benefits of integrating BIM and sustainability practices in construction projects: A Delphi survey of international experts», *Sustain Cities Soc*, vol. 40, pp. 16-27, Jul. 2018, doi: 10.1016/j.scs.2018.03.033.
- [13] G. Ma, J. Jia, J. Ding, S. Shang, e S. Jiang, «Interpretive structural model based factor analysis of BIM adoption in Chinese construction organizations», *Sustainability (Switzerland)*, vol. 11, n. 7, Abr. 2019, doi: 10.3390/su11071982.
- [14] U. Farooq, S. K. Ur Rehman, M. F. Javed, M. Jameel, F. Aslam, e R. Alyousef, «Investigating BIM implementation barriers and issues in Pakistan using ISM approach», *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, n. 20, pp. 1-21, Out. 2020, doi: 10.3390/app10207250.
- [15] Sushil, «Interpreting the interpretive structural model», *Global Journal of Flexible Systems Management*, vol. 13, n. 2, pp. 87-106, 2012, doi: 10.1007/S40171-012-0008-3.
- [16] J.-C. Duperrin e M. Godet, «Méthode de hiérarchisation des éléments d'un système: essai de prospective du système de l'énergie nucléaire dans son contexte societal», Dez. 1973.
- [17] T. J. Gordon e I. History, «The Delphi Method», 1994.
- [18] D. L. Morgan, «Focus Groups», 1996. [Em linha]. Disponível em: [www.annualreviews.org](http://www.annualreviews.org)
- [19] R. D. Needham e R. C. De Loë, «The Policy Delphi: Purpose, Structure, and Application», *The Canadian Geographer / Le Géographe canadien*, vol. 34, n. 2, pp. 133-142, 1990, doi: 10.1111/j.1541-0064.1990.tb01258.x.
- [20] A. M. Ribeiro, A. Arantes, e C. O. Cruz, «Barriers to the Adoption of Modular Construction in Portugal: An Interpretive Structural Modeling Approach», *Buildings*, vol. 12, n. 10, Out. 2022, doi: 10.3390/buildings12101509.
- [21] J. N. Warfield, «Developing Subsystem Matrices in Structural Modeling», 1974.
- [22] S. Ambekar, D. Roy, A. Hiray, A. Prakash, e V. S. Patyal, «Barriers to adoption of reverse logistics: a case of construction, real estate, infrastructure and project (CRIP) sectors», *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 29, n. 7, pp. 2878-2902, Ago. 2022, doi: 10.1108/ECAM-02-2021-0112.