

Revisão Sistemática da Literatura: Gestão de conhecimento em projetos de engenharia executiva com aplicação do Building Information Modeling

Michele Fontes Barbosa¹

Fernando Hadad Zaidan²

José Luis Braga³

Fabício Martins Mendonça⁴

Resumo: A fase de construção é a mais importante do ciclo de um projeto e, nessa direção, capturar o conhecimento tácito em um ambiente complexo como esse é uma preocupação para a gestão do conhecimento. Quando se fala da indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção, a captura do conhecimento muitas vezes é perdida. Em projetos, a rotatividade das pessoas é alta e a incapacidade de gerir o conhecimento acaba implicando perdas de conhecimento e risco de repetição de erros. Frente a esse contexto, o objetivo desta pesquisa foi efetuar uma rigorosa revisão sistemática da literatura, que possibilitou a criação de strings de busca, seleção de documentos e sistematização das pesquisas selecionadas seguindo o protocolo de Kitchenham (2007) que correlaciona os atuais processos recomendados pela Sociedade Brasileira de Gestão do Conhecimento com as principais atividades do Building Information Modeling sendo o resultado da pesquisa um modelo resumo simplificado que facilita o entendimento da preservação do conhecimento em projetos executivos.

Palavras-chave: building information modeling; gestão do conhecimento; engenharia executiva.

¹ Mestre em Engenharia e Gestão de Processos e Sistemas no Instituto de Educação Tecnológica de Minas Gerais, graduado em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. E-mail: micfontes@yahoo.com.br

² Professor e pesquisador do mestrado do IETEC. Doutor em Ciência da Informação – UFMG. Mestre em Administração e Bacharel em Ciência da Computação – FUMEC. E-mail: contato@fernandozaidan.com.br Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4835234239471713> ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5715-5562>.

³ Professor e Pesquisador do Mestrado em Engenharia e Gestão de Sistemas e Processos do IETEC. Doutor em Informática, PUC-Rio Mestre em Ciência da Computação DCC-UFMG. Email: zeluisbraga@gmail.com Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5199789743673693> ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1068-7008>

⁴ Professor, pesquisador e coordenador de curso na Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Doutor em Ciência da Informação – UFMG. Mestre em Informática - PUC-MG. e-mail: fabricao.mendonca@ice.ufjf.br Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7587726616949092> ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8156-8607>

BPMN notation for knowledge management in executive engineering projects: a study of the application of Building Information Modeling

Abstract: The construction phase is the most important of a project cycle and, in this direction, capturing tacit knowledge in such a complex environment is a concern for knowledge management. When talking about the Architecture, Engineering and Construction industry, knowledge capture is often lost. In projects, the turnover of people is high and the inability to manage knowledge ends up implying loss of knowledge and risk of repeating mistakes. In view of this context, the objective of this research was to carry out a rigorous systematic review of the literature, which enabled the creation of search strings, document selection and systematization of selected research following the Kitchenham protocol (2007) that correlates the current processes recommended by the Brazilian Society of Knowledge Management with the main activities of Building Information Modeling being the result of the research a simplified summary model that facilitates the understanding of the preservation of knowledge in executive projects.

Keywords: building information modeling; knowledge management; executive engineering.

1 INTRODUÇÃO

Na engenharia, o projeto executivo constitui a parte mais importante na etapa de construção. De caráter obrigatório, pode garantir o sucesso ou a falha total de um empreendimento. Nessa direção, a engenharia executiva consiste em um conjunto de informações técnicas necessárias para a realização do empreendimento, contendo todas as indicações e detalhes construtivos para a instalação, montagem e execução dos serviços e obras (BRASIL, 2020). Um projeto executivo também pode ser denominado como projeto detalhado e consiste na fase de implantação de um projeto de engenharia.

Analogamente, o conceito de Building Information Modeling (BIM), ou Modelagem da Informação da Construção, em português, compreende uma ciência em que há um compartilhamento de informações em todas as fases de um empreendimento (projeto, construção, manutenção e demolição). Sua principal vantagem é poder manter uma base de dados lógica e consistente, que, quando mantida atualizada até a fase de demolição, constitui um repositório de dados e conhecimentos compartilhados durante todo o ciclo de vida do empreendimento (SAMPAIO, 2015).

Sob esse ponto de vista, as indústrias de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) brasileiras são conhecidas pela natureza única de cada projeto, em que o conhecimento pode ser usado para superar excessos de custos na fase de engenharia executiva (BALOI; PRICE, 2003), atrasos de tempo (ALAGHBARI; KADIR; SALIM, 2007), defeitos de qualidade (JINGMOND; ÅGREN, 2015) e problemas de saúde e segurança (HALLOWELL, 2012; XU et al., 2021).

Assim, a gestão do conhecimento (GC) para projetos de construção, principalmente na fase executiva, tem atraído a atenção tanto da academia quanto da indústria. O BIM pode contribuir para a GC por meio de ferramentas para gerenciar o conhecimento dos projetos de engenharia executiva (SEHRAWY; AMOUDI, 2020). E, segundo Nonaka e Takeuchi (2008), a implantação da GC nas empresas é decerto uma vantagem competitiva.

Entretanto, a fragmentação da AEC causa dificuldades na comunicação eficaz do conhecimento ao longo do projeto em relação aos stakeholders. Projetos executivos, especialmente projetos de construção grandes e complexos, necessitam do envolvimento de várias equipes disciplinares (WU et al., 2017). Nesse sentido, Carrillo et al. (2004) apontam que a característica de temporariedade de um projeto detalhado gera um turnover das equipes, dificultando a captura do conhecimento ao final de um projeto.

Anumba et al. (2002) e Zhou et al. (2020) apontam ainda que essa sazonalidade tem como consequência uma possível perda e/ou dificuldade para se transferir conhecimento de uma equipe de projeto temporária para a parte permanente da organização ou entre projetos diferentes. Ainda devido ao envolvimento de várias equipes disciplinares, Dave e Koskela (2009) alertam que tentar gerenciar o conhecimento de forma colaborativa em projetos de construção é um desafio.

Além de uma GC deficiente, a área de projetos apresenta outros desafios, como os processos de trabalho não padronizados, tempo limitado e infraestrutura de tecnologia da informação (TI) deficiente (CARRILLO et al., 2004). Embora várias técnicas de TI venham sendo aplicadas aos projetos de construção para implementação do GC (KIVRAK et al., 2008; UDEAJA et al., 2008), ainda existem fragilidades na utilização de TI em termos de GC na área de construção. Um bom

exemplo é que na TI tradicional há o registro e compartilhamento na forma de texto, o que não é habitual em projetos (LIN, 2014).

Além disso, o impacto das atividades de GC nos modelos de projeto não pode ser refletido imediatamente (MOTAWA; ALMARSHAD, 2013). Carrillo e Chinowsky (2006) advertem que o que as empresas de construção fazem é aprender lições somente depois que os problemas ocorrem e acabam, não realizando pesquisas e estudos para exploração proativa do conhecimento para potenciais melhorias.

Frente a essa conjuntura, a proposta desta pesquisa é realizar um estudo por meio de uma revisão sistemática de literatura (RSL) para propiciar o avanço acadêmico e científico nessa área. Assim, propõe-se apontar e discutir as vantagens em se aplicar a GC em projetos de construção que estejam utilizando o BIM em sua elaboração. A principal entrega deste trabalho será a sugestão de um modelo resumo fruto da RSL e uma notação BPMN que servirá de roteiro para adaptar o processo de GC dentro da metodologia BIM em projetos de construção.

Em suma, este artigo foi estruturado em cinco capítulos. No primeiro a introdução, no segundo, as informações mais abrangentes sobre os conceitos de BIM, GC, as ações de GC em projetos com o BIM na indústria AEC e as aplicações de modelos Business Process Model and Notation (BPMN). No terceiro capítulo é discriminado todo o percurso metodológico adotado. No quarto, a discussão e apresentação dos resultados obtidos com a aplicação da RSL e Design Science Research (DSR) para criação do modelo conceitual que correlaciona o BIM e a GC. E, por fim, no quinto capítulo, estão apresentadas as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para uma melhor compreensão do conteúdo de pesquisa desta dissertação foi realizada uma breve descrição dos principais conceitos do trabalho.

2.1 Gestão do Conhecimento e Conhecimento Organizacional

Segundo Nonaka (1994), Ofek e Sarvak (2001), o conhecimento é importante para garantir a competitividade das empresas.

No âmbito organizacional, Nonaka e Takeuchi (1997) sugerem que a criação do conhecimento pode ser entendida por meio da capacidade que as empresas têm de gerar conhecimentos a partir, por exemplo, de suas próprias fontes de observação e de análise dos fenômenos. Assim, o conhecimento organizacional constitui os dois tipos de conhecimento e, devido à capacidade de interação, o conhecimento tácito se torna primordial para o entendimento do explícito (URIARTE JR., 2008).

Diante disso, a construção é uma indústria intensiva na qual o conhecimento pode ser usado como uma rede de conhecimentos para superar excessos de custos na fase de engenharia executiva, atrasos de tempo, defeitos de qualidade e problemas de saúde e segurança. Dessa forma, a GC para projetos de construção, principalmente na fase executiva, tem atraído a atenção tanto da academia quanto da indústria.

A GC representa um processo integrado de captura, compartilhamento, armazenamento e reutilização de conhecimento (GOLD; MALHOTRA; SEGARS, 2001). O conhecimento é reconhecido como um recurso valioso, de modo que as organizações têm buscado maneiras de criá-lo, transferi-lo e usá-lo de maneira eficaz.

2.2 Processos de GC

A literatura apresenta diversas correlações para os processos de conhecimento a partir das abordagens e da forma como elas acontecem nas organizações.

O Quadro 1 traz os processos de GC apresentados por alguns autores na literatura.

Quadro 1 – Processos de GC x autores

Autor	Meyer e Zack (1996)	Bukowitz e Willians (2002)	McElroy (1999)
Etapas	Aquisição Refinamento Armazenar / recuperar Distribuição Apresentação	Obter Usar Aprender Contribuir Avaliar Construir / sustentar Desfazer	Aprendizagem em grupo e individual Validação – afirmação de conhecimento Aquisição de informação Validação do conhecimento Integração do conhecimento
Autor	CEN (2004)	Fleury e Fleury (2004)	Wang e Ahmed (2005)

Etapas	Identificar Criar Armazenar Compartilhar Utilizar	Aquisição Desenvolvimento Disseminação Construção	Identificar conhecimento adequado / valioso Aquisição de conhecimento Codificação de conhecimento Armazenamento de conhecimento Disseminação de conhecimento Refinamento de conhecimento Aplicação de conhecimento Criação de conhecimento
Autor	Nickols (1999)	Wiig (1993)	Rollet (2003)
Etapas	Aquisição Organização Especialização Armazenamento / acesso Recuperação Distribuição Conservação Eliminação	Criação Prospecção Compilação Transformação Disseminação Aplicação Geração de valor	Planejamento Criação Integração Organização Transferência Manutenção Avaliação
Autor	Liyanage et al. (2009)	Narteh (2008)	Saito e Fukunaga (2020)
Etapas	Identificar conhecimento Aquisição Transformação Associação Aplicação	Conversão Roteamento Disseminação Aplicação	Criação Transferência Retenção Aplicação

Fonte: DAVILA et al., 2014. (Adaptada pela autora).

2.3 Cenário brasileiro do BIM na AEC

As empresas do ramo da AEC, segundo Checcucci (2019) estão vivendo a transformação digital e mudando seus métodos regulares de negócios. Veras (2019), por sua vez, alerta que essa transformação ocorre gradualmente e enfrenta muitas barreiras.

A evolução da indústria da construção está associada à implementação contínua de novas tecnologias. O BIM agregou valor significativo no processo de desenvolvimento da indústria da construção, sendo visto como um agente principal para troca de informações entre as partes interessadas na indústria de AEC (STEEL; DROGEMULLER; TOTH, 2012). Assim, o BIM tem sido amplamente utilizado para lidar com a complexidade e dificuldade de gerenciamento de várias atividades e empresas em todo o mundo (AHUJA et al., 2016). No Brasil, uma perspectiva para ampliação da adoção do BIM surgiu com a publicação do decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018, que instituiu a estratégia nacional de disseminação do BIM, a qual busca promover condições para investimento e difusão da modelagem no país (CHECCUCCI, 2019).

Segundo Pereira et al. (2022), no Brasil evidenciou-se fortes incentivos na área acadêmica para busca de qualificação de profissionais, entretanto, na área pública a implementação do BIM ocorre mais lentamente. Destoantes, o Exército Brasileiro e projetos de grande monta, como o “Minha Casa, Minha Vida”, “Museu do Amanhã” e os estádios da copa, que foram, em parte, gerenciados a partir do framework BIM. Em suma, evidencia-se um déficit de mão de obra e morosidade no processo de implementação nas indústrias AEC.

2.4 GC em projetos de construção com o uso do BIM

Segundo Khudhair et al. (2021), em um projeto de construção pode ocorrer a omissão de um volume significativo de dados. Dessa forma, o setor de construção precisa entender a importância dessas informações esquecidas, uma vez que o gerenciamento de uma enorme quantidade de dados é essencial para as melhores tomadas de decisão em projetos futuros. Nesse sentido, embora o BIM ajude a gerenciar as informações, ele precisa ser acoplado a novas tecnologias que possam abraçar a construção digital, transformando a indústria da construção em um ambiente dinâmico.

Os projetos de construção geram uma gama de conhecimentos que retroalimentam os processos e, por conseguinte, outros projetos. Esse ciclo de aprendizagem consiste no compartilhamento e no uso do conhecimento do projeto. Ainda há possibilidade para o surgimento de novos conhecimentos durante as trocas funcionais e contextos de trabalho em equipe (SENGE, 1990). Capturar efetivamente o conhecimento tácito nesse ambiente complexo tem sido uma preocupação, conforme exposto por Addis (2016) e Saini, Arif e Kulonda (2018). Assim, as empresas estão criando sistemas de informação para GC para gerenciar sua própria aprendizagem e seus negócios internos (ANUMBA; PULSIFER, 2010).

Em termos de mudança organizacional, algumas empresas têm tido experiências ruins. Nessa direção, de acordo com Liu et al. (2019), a falta de comunicação correta foi identificada como a causa para o fracasso dos sistemas de GC na indústria de construção. A integração de um GC com sistemas de gerenciamento de informações de projeto existentes foi destacada como uma das necessidades para o

desenvolvimento futuro e adoção mais bem-sucedida de Key Management Service (KMS) (LIU et al., 2019).

3 PERCURSOS METODOLÓGICOS

Neste estudo foi realizada uma pesquisa exploratória de abordagem qualitativa que contemplará uma RSL de modo a permitir uma abordagem imparcial, objetiva e sistemática com o intuito de responder as questões de pesquisa ao encontrar resultados relevantes que poderão ser reproduzidos de acordo com um protocolo planejado e desenvolvido previamente (BUDGEN et al., 2008). Para Kitchenham e Charters (2007), a principal aplicabilidade da RSL é oriunda da exigência dos pesquisadores de obter conclusões a partir de estudos individuais.

Com o objetivo de garantir uma assertividade na metodologia empregada neste estudo, adotou-se a ciência DS e o método DSR. Segundo Zaidan (2015), a DS é recomendada na condução de pesquisas científicas em informação, tecnologia, engenharia e gestão. Já a DSR é o método para criar, validar e implementar os artefatos, que são contribuições ao conhecimento.

Nesta pesquisa, o método DSR permitiu a construção de um artefato que estabeleceu a relação teórico-prática de maneira a sustentar soluções para os problemas reais existentes. A DSR propõe que “pesquisas que se dedicam à construção de artefatos devem poder se sustentar como válidas cientificamente com uma abordagem metodológica rigorosa e apropriada” (LACERDA et al., 2013, p. 743). Ainda para Lacerda et al. (2013), a DSR consegue validar sistemas que ainda não existem ao criar, recombinar e, ou, alterar buscando melhorar as situações existentes ou imaginárias. O ciclo proposto por Wieringa (2009, 2014) foi utilizado na DSR e compreende as etapas abaixo discriminadas.

O ciclo é iniciado com a investigação de um problema e culmina na etapa de avaliação da implementação. A proposta de decomposição de problemas se dá em cinco fases:

1ª fase – conhecimento do problema: procura-se obter o máximo de informações, sem a preocupação de solucioná-lo;

2ª fase – projeto da solução: é uma proposição de solução sem a preocupação de ser definitiva;

3ª fase – validação do projeto: realiza-se uma análise mais criteriosa a respeito do proposto na fase anterior. Verifica-se se realmente irá propiciar os benefícios esperados;

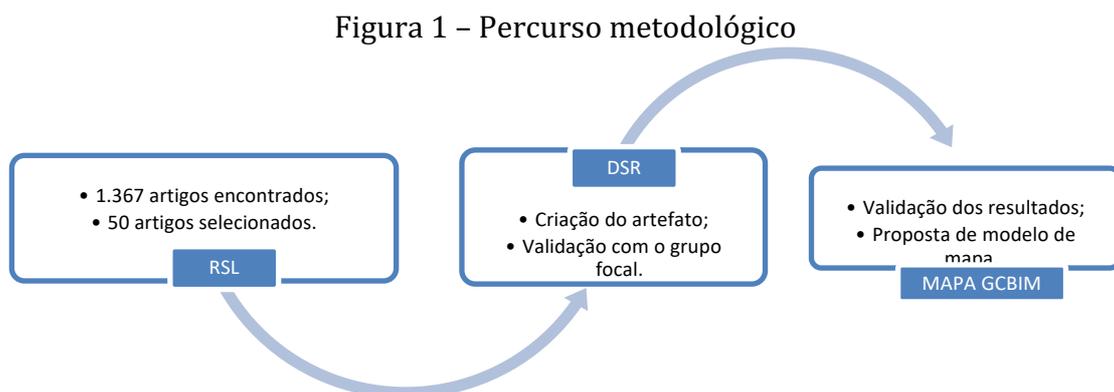
4ª fase – implementação da solução: execução do que foi planejado;

5ª fase – avaliação da implementação: início de um novo ciclo, sendo o resultado do ciclo anterior analisado.

Findada a RSL e utilizando os trabalhos correlatos, identificou-se o problema com todas as informações coletadas, iniciando-se, assim, a etapa de proposição de um modelo conceitual (artefato) a partir dos aspectos levantados na investigação.

Outra técnica de pesquisa empregada foi o grupo focal. Para Caplan (1990), um grupo focal consiste em um número pequeno de pessoas reunidas para avaliar os conceitos ou identificar problemas. E, conforme Dias (2000), o grupo focal identifica percepções e ideias dos participantes em relação a um determinado assunto, produto ou atividade. Nesta pesquisa, essa técnica foi utilizada para validar e melhorar o artefato criado e gerar como resultado versões aprimoradas dele, tendo esse grupo participado durante as etapas do ciclo regulador de Wieringa (2009).

A Figura 1 apresenta o percurso metodológico adotado.



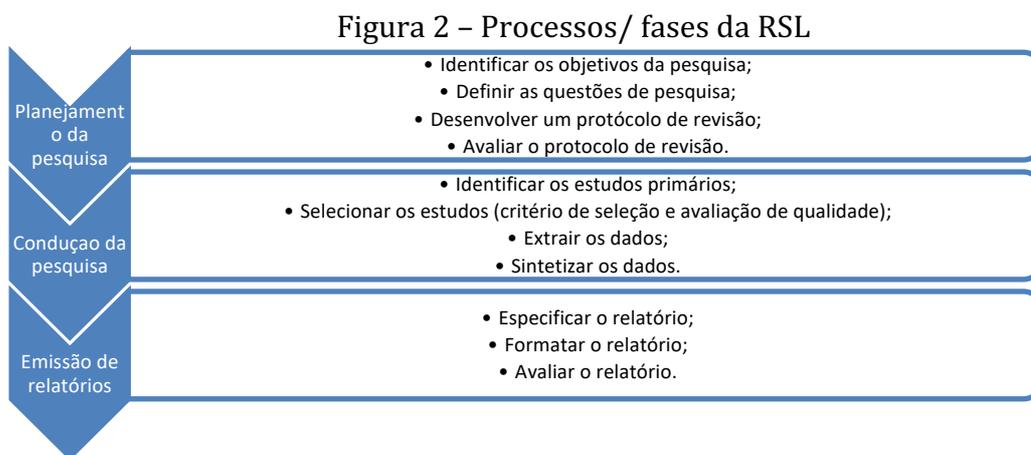
Fonte: Da autora, 2022.

A figura ilustra o percurso mercadológico adotado na pesquisa, ou seja, as técnicas, ações, tomadas de decisão, métodos e metodologias utilizadas a fim de se atingirem os objetivos do trabalho científico.

3.1 RSL

Para realização do estado da arte deste trabalho, optou-se por realizar uma RSL utilizando a ferramenta Parsifal⁵, a qual permite trabalho colaborativo e documentação de todo o processo de uma RSL.

Para o protocolo utilizado na pesquisa foram seguidas as exigências de Kitchenham e Charters (2007), que podem ser agrupadas em três fases principais: planejamento, condução e relatório. A Figura 2 traz os processos/ fases da revisão sistemática.



Fonte: KITCHENHAM, 2007. (Adaptada pela autora).

Na fase de planejamento da pesquisa, Kitchenham (2007), por meio do uso do protocolo, sugere uma estruturação da questão da pesquisa em cinco termos, sendo eles: population, intervention, context, outcomes, comparison (PICOC). Além disso, é necessária a criação de estratégia de busca para seleção dos artigos, critérios de elegibilidade, dados que serão extraídos e analisados.

A ferramenta Parsifal permite criar as questões de pesquisa por meio das definições de PICOC, definir os critérios de inclusão e exclusão, além dos critérios de avaliação da qualidade dos estudos selecionados por meio da string de busca definida para a RSL.

Em seguida, as questões de pesquisa são criadas com o uso PICOC já estruturado. É possível gerar um quadro com as palavras-chave e os sinônimos para facilitar a

⁵ Disponível em: <https://parsif.al/>.

busca dos estudos e a criação da string de busca a ser realizada em cada base de dados das bibliotecas digitais.

Após a criação do protocolo, conforme etapas apresentadas anteriormente, o mesmo foi testado nas bibliotecas escolhidas: IEEE e Scopus. Paralelamente, os critérios de seleção foram inclusos no Parsifal, encerrando, assim, a fase de criação do protocolo.

Saliente-se ainda que, na fase de planejamento, o Parsifal exige que os critérios de avaliação das qualidades dos estudos e as informações relevantes para exportação dos dados sejam criadas na ferramenta para viabilizar a operacionalidade do processo de condução da RSL. Findadas essas duas etapas, inicia-se o processo de condução da pesquisa.

Para a avaliação da qualidade dos artigos, a ferramenta é composta de três partes: conjunto de perguntas, respostas predefinidas e uma nota de corte. O pesquisador deve, então, atribuir um peso para cada uma das respostas predefinidas. Depois de responder todas as perguntas de cada artigo selecionado há uma pontuação para cada um. Ao aplicar a nota de corte, cada estudo avaliado abaixo da nota é desconsiderado da RSL. Para a fase de extração de dados há um conjunto de campos que são definidos pelos pesquisadores, podendo ser criados e ilimitados. Cada campo tem um nome e um tipo: lógico (booleano), literal (caractere), inteiro e predefinido.

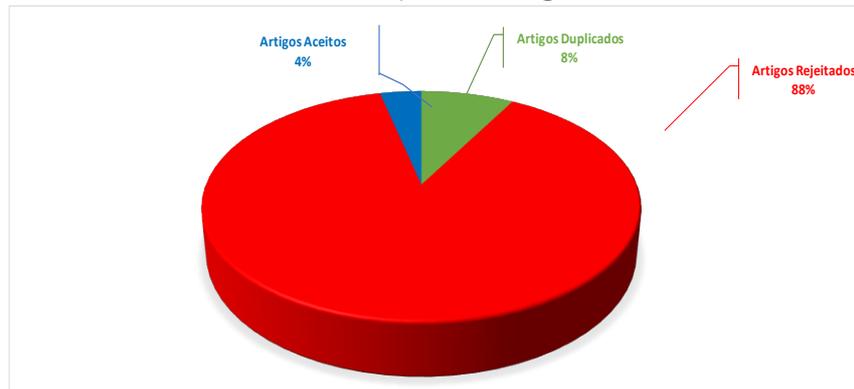
A busca gerou 1.367 artigos com os temas voltados para a utilização do BIM nos projetos de engenharia executiva para garantir a preservação do conhecimento. A seleção dos artigos restringiu a 50 o número de artigos que apresentaram estudos primários obtidos da leitura de título, resumo, critérios de inclusão e seleção. A avaliação dos critérios de qualidade para os artigos selecionados restringiu o resultado dos artigos aprovados a serem considerados nesta pesquisa.

Essa seleção compreendeu todas as etapas da RSL e envolveu a seleção dos artigos com pontuação de qualidade igual ou superior à nota 6,0, chegando a 17 artigos. E nos critérios de extração dos artigos que possuíam “sim” para as perguntas dessa

etapa foram elencados três artigos finais, que foram tratados como trabalhos correlatos para o desenvolvimento da dissertação.

O Gráfico 1 traz o percentual dos artigos aceitos, duplicados e rejeitados na RSL. O Quadro 2 apresenta os artigos selecionados pelos critérios de extração e o quadro 3 traz a lista de artigos com pontuação de qualidade superior à nota 6.

Gráfico 1 – Seleção de artigos na RSL



Fonte: Da autora, 2022.

Quadro 2 – Artigos selecionados pelos critérios de extração

Title	Quality Score	Há correlação entre gestão do conhecimento, BIM e engenharia executiva?	Existe modelo de Gestão do Conhecimento?
BIM-Supported Knowledge Management: Potentials and Expectations	7	Sim	Sim
Building information modeling and building knowledge modeling in project management	7	Sim	Sim
Conceptual Model of Building Information Modelling Usage for Knowledge Management in Construction Projects	7	Sim	Sim

Fonte: Da autora, 2022.

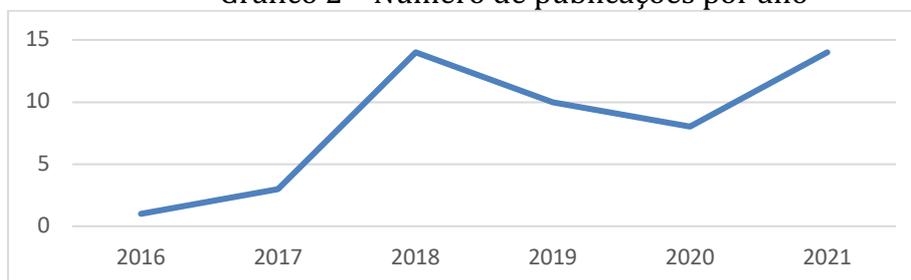
Quadro 3 – Artigos com pontuação de qualidade superior à nota de corte

Title	Quality Score
Addressing the knowledge management “nightmare” for construction companies	6
BIM adoption and implementation: focusing on SMEs	6,5
BIM-Supported Knowledge Management: Potentials and Expectations	7
Building information modeling and building knowledge modeling in project management	7
Building information modelling and project information management framework for construction projects	6,5
Case study for the development of an analysis structure for the collaborative environment on project companies [Estudo de caso para o desenvolvimento de uma	7
Conceptual Model of Building Information Modelling Usage for Knowledge Management in Construction Projects	7
Critical success factors for building information modelling (BIM) implementation in Hong Kong	6,5
Diffusing building information management–knowledge integration, mechanisms and knowledge development	6,5
Distilling agency in BIM-induced change in work practices	6
Formulating project-level building information modeling evaluation framework from the perspectives of organizations: A review	6
Implementing a BIM collaborative workflow in the UK infrastructure sector	7
Knowledge Extraction and Discovery Based on BIM: A Critical Review and Future Directions	6,5
Measuring Key Knowledge-Related Factors for Individuals in AEC Project Teams	6,5
Structural equation model of building information modeling maturity	6
The impact of building information modelling (BIM) maturity and experience on contractor absorptive capacity	6,5
Towards future BIM technology innovations: A bibliometric analysis of the literature	7

Fonte: Da autora, 2022.

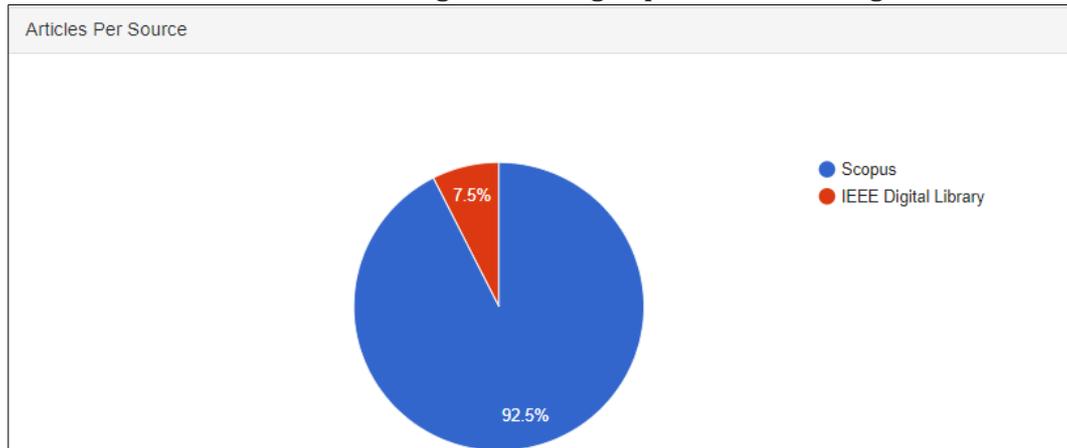
A fase final da RSL permitiu a extração dos gráficos para elaboração do conteúdo da pesquisa. Assim, o Gráfico 2 apresenta o número de publicações referente aos artigos selecionados nas fases anteriores no período de 2016 a 2021, e o Gráfico 3 traz a porcentagem de artigos por biblioteca digital.

Gráfico 2 – Número de publicações por ano



Fonte: Da autora, 2022.

Gráfico 3 – Porcentagem de artigos por biblioteca digital



Fonte: Da autora, 2022.

3.2 Trabalhos correlatos

A realização da RSL permitiu a seleção de três artigos científicos compreendidos no período de 2019 a 2021, sendo estes os que mais se adequaram ao campo de pesquisa desejado, permitindo o aprofundamento teórico relacionado aos conceitos principais deste estudo e compatibilidade com o objetivo da pesquisa, conforme apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 – Dados dos trabalhos correlatos

Ano	Assunto	Título	Autores	Jornal	Qualis	Justificativa escolha
2021	BIM + modelo conceitual + GC + construção	Building information modeling and building knowledge modeling in project management	Jasim <i>et al.</i>	Computer Assisted Methods in Engineering and Science	B4	Modelo conceitual que integra GC com o BIM
2019	BIM + modelo conceitual + GC + construção	Conceptual model of building information modelling usage for knowledge management in construction projects	Ozturk e Yitmen	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	B1	Proposta de elaboração de um modelo conceitual para adaptar o processo de GC com o BIM como uma nova ferramenta de GC
2021	GC, projetos executivos com o BIM	BIM - supported knowledge management: potentials and expectations	Wang e Meng	Journal of Management in Engineering	A2	Modelo conceitual que integre os princípios básicos da GC com os princípios contemporâneos do BIM na fase de projeto

Fonte: Da autora, 2022.

O estudo criterioso dos trabalhos correlatos permitiu gerar a base de dados necessária para a realização da DSR e posterior construção do modelo conceitual para a preservação do conhecimento atrelado aos projetos executivos com aplicação da metodologia BIM, campo desta pesquisa.

3.3 DSR

O objetivo de uma pesquisa é buscar uma aproximação da teoria e prática. Assim, uma pesquisa confiável e respeitada pela academia deve se preocupar com a relevância e com o rigor que deve estar presente desde a sua condução até a apresentação de seus resultados (DRESCH, 2013). Assim, estudos sobre os métodos de pesquisa são necessários para que sejam obtidos resultados adequados e com o rigor necessário.

Ainda em Dresch (2013), DS é a ciência que busca desenvolver e projetar soluções para melhorar sistemas existentes, resolver problemas ou criar artefatos que contribuam para melhor atuação humana, seja na sociedade, seja nas organizações. Esta pesquisa considera a proposta de Roel Wieringa, um dos autores seminais da DS. Weiringa (2009) apresenta o ciclo regulador (FIG. 3), que parte da investigação e identificação do problema. A partir dessa análise, define o projeto de soluções para o problema e a validação da solução desenhada, sua implementação e avaliação da efetividade da implementação (ZAIDAN, 2015).

Conhecimento do problema – 1ª fase

A partir da consolidação da RSL e seleção final dos trabalhos correlatos foi gerada a base de dados com as informações necessárias para o conhecimento do problema. Dos 50 artigos selecionados, 15 apresentaram informações gerais sobre o conhecimento do problema.

Projeto da solução – 2ª fase

Nessa etapa do projeto de soluções tem-se um problema prático. Wieringa (2009) ainda destaca que não necessariamente a solução é totalmente projetada, sendo que a solução definitiva é encontrada ou construída nas fases de validação e implementação. É importante ainda ressaltar que o termo solução, escolhido por Wieringa (2009), pode se referir a um artefato, uma melhoria, uma intervenção.

Com base na revisão da literatura, um modelo conceitual foi desenvolvido neste estudo. De acordo com Maxwell (2012), um modelo conceitual é um recurso que pode ser usado para esclarecer conceitos, propor relações e também fornecer um contexto para a explicação dos resultados da pesquisa. Portanto, este estudo escolhe

um modelo conceitual para ilustrar os potenciais de BIM para GC, as expectativas para GC com suporte BIM e os impactos do BIM nas atividades de GC.

Para concepção do modelo ou mapa conceitual foram utilizados os trabalhos correlatos selecionados (QUADRO 4) para as análises dos modelos propostos e possíveis considerações e inputs para a elaboração da ferramenta adotada neste trabalho.

Dos artigos selecionados, a autora fez um extenso estudo e correlação entre as ferramentas do processo de GC e os modelos conceituais propostos para concluir o conceito principal a ser considerado em sua pesquisa.

Validação do projeto – 3ª fase

Foi realizada uma análise mais criteriosa a respeito do proposto na fase anterior a fim de verificar se realmente os benefícios esperados seriam alcançados. O grupo focal foi aplicado para realizar essa etapa da DSR, em que a opinião sobre a solução apresentada e possíveis melhorias foram sugeridas ao modelo.

Implementação da solução – 4ª fase

Trata-se da execução do que foi planejado. Etapa que segue para que sejam implementadas todas as possíveis adequações levantadas na validação. Durante essa etapa ocorre a evolução do modelo BPMN elaborado pela autora para o fluxo da engenharia, as adequações sugeridas na reunião do grupo focal foram incorporadas ao modelo e contemplam a 4ª fase da DSR.

O grupo focal foi reunido de maneira virtual⁶ em 7 de abril de 2022 às 13h no horário de Brasília em um evento com duração de uma hora. O grupo focal apresentou grandes contribuições para melhoria dos modelos BPMN de uma maneira geral, principalmente na parte relacionada às etapas do ciclo de vida do projeto, correlacionando as interfaces BIM e ações humanas tanto para a execução do projeto quanto para a preservação do conhecimento.

⁶ Por meio do site: <https://www.even3.com.br/kmbim2022/>.

Avaliação da implementação – 5ª fase

Findadas as alterações do modelo foram revisadas e avaliadas as alterações e eficácia do modelo, dando-se início a um novo ciclo, resultado do ciclo anterior analisado. Possíveis melhorias devem ser mapeadas para trabalhos futuros.

Ainda como uma melhor forma de disseminação do conteúdo, a autora elaborou um site com o conteúdo da pesquisa e encaminhou de maneira prévia aos convidados para o grupo focal, de maneira que eles pudessem fazer um pré-estudo do material antes da realização da reunião.

Durante a realização do evento, no tempo dedicado para perguntas e discussões, o grupo fez esclarecimentos, comentários, perguntas e ponderações que contribuíram positivamente para o enriquecimento do artefato criado na etapa 2 da DSR, permitindo a continuidade das etapas 3 e 4.

Figura 3 – QR code para acesso ao site do conteúdo BIM + GC da pesquisa



Fonte: Da autora, 2022.

No próximo capítulo estão apresentados os resultados e discussões desta pesquisa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo estão apresentados os resultados obtidos durante esta pesquisa.

4.1 Modelo resumo

Os autores Wang e Meng (2021) e Ozturk e Yitmen (2019) corroboram que um modelo conceitual que correlaciona os processos de GC com os recursos utilizados durante a metodologia BIM pode suportar a GC. A correlação entre os processos recomendados por Saito e Fukunaga (2020) e os modelos conceituais dos trabalhos correlatos permitiram a autora elaborar um quadro resumo que elucida de maneira simplificada os principais recursos do BIM e quais ferramentas de utilização devem ser adotadas para garantir que os processos de GC sejam realizados durante a

aplicação do BIM, conforme apresentado na Figura 8. Esse modelo resumo apresenta uma grande contribuição para a área acadêmica visto que não foi encontrado na RSL uma correlação clara entre os processos da GC e as etapas e recursos existentes em um projeto em BIM. Essa contribuição permitirá garantir que ao se aplicar as etapas relacionadas na figura abaixo, intrinsecamente, haverá a realização dos processos de GC.

Figura 4 – Modelo resumo BIM x GC

Etapas	RECURSOS BIM	Meio de Utilização				
		Criação	Transferência	Retenção	Aplicação	
1	Gerenciamento do Ciclo de Vida	x	x	x	x	Metodologias ou práticas de Gestão de Projetos
2	Modelagem e parâmetros orientados à objetos	x	x	x	x	BEP
3	Plataforma centralizada e integrada		x	x	x	NUVEM
4	Visualização 3D		x	x	x	MODELO
5	Detecção e Simulação			x	x	MODELO
6	Análise e Avaliação			x	x	MODELO +NUVEM

Fonte: Da autora, 2022.

A modelagem de parâmetros orientados a objetos, segundo Vanlande, Nicolle e Cruz (2008), permite que as informações sejam facilmente recuperadas e utilizadas em qualquer momento do ciclo de vida do projeto. Barlish e Sullivan (2012) corroboram com o argumento e complementam que o BIM pode salvar e reter os dados e informações de projetos históricos e atuais para evitar a repetição de erros. Ainda Park *et al.* (2013) enfatizam que o BIM possibilita a reutilização de informações em etapas posteriores do projeto. Como resultado, é possível que os sistemas de GC baseados em BIM capturem conhecimento para gerenciar a instalação ao longo de seu ciclo de vida. Portanto, o modelo resumo da autora propõe as etapas de gerenciamento do ciclo de vida do projeto e modelagem de parâmetros orientados a objetos que contemplam os quatro processos propostos por Saito e Fukunaga (2020).

Froese (2010) apontou que o BIM quando utilizado com uma plataforma centralizada e integrada e colaborativa pode gerar um projeto de projeto virtual que contém as informações de diferentes disciplinas e o conhecimento de diferentes *stakeholders* ao longo do ciclo de vida do projeto. Além disso, a plataforma

centralizada e integrada permite o alinhamento entre as fases de projetos e a construção do gerenciamento de projetos e informação. Assim, a colaboração entre os profissionais da construção pode ser melhorada pelo conhecimento do projeto firmemente gerenciado. Com as soluções BIM pode ser mais fácil externalizar, integrar, internalizar e socializar o conhecimento (OZTURK; YITMEN, 2019; PAPADONIKOLAKI, 2016; BERLO *et al.*, 2015; BRYDE; BROQUETAS; VOLM, 2013; AZHAR, 2011; EASTMAN *et al.*, 2008. DULAIMI *et al.*, 2002).

Já Wang e Meng (2019), por meio de uma revisão sobre as bases do conhecimento suportados pelo BIM, concluíram que o BIM tem vários benefícios, incluindo visualização 3D e trabalho colaborativo em comparação com outras bases de conhecimento baseadas em TI. Ding *et al.* (2016), por sua vez, apresentaram um sistema para concretizar a ideia de que o conhecimento poderia ser coletado e integrado em uma plataforma e reutilizado em outros projetos relevantes.

Esses conceitos comprovam que o modelo resumo considera os processos de transferência, retenção e aplicação que são utilizados durante a aplicação da plataforma centralizada e integrada e visualização 3D do BIM.

A detecção e simulação no BIM é vista por Jasim *et al.* (2021) para prevenir conflitos de conhecimento e simular por meio de testes de compatibilidade os conhecimentos compartilhados na biblioteca de GC, garantindo, assim, a retenção e aplicação do conhecimento.

Sob o mesmo ponto de vista, a fase de análise e a avaliação durante a elaboração de um projeto executivo em BIM contribuem para a GC nos processos de retenção e aplicação, pois é quando se tem o uso e reuso do conhecimento, garantido, dessa forma, a retenção do conhecimento. Para Wang e Meng (2021), as fases de análise e avaliação durante o BIM permitem a avaliação antecipada dos benefícios aos quais o projeto se propõe com simulações de evacuação de emergência, soluções energéticas, agindo, assim, proativamente com o compartilhamento, disseminação e utilização um conhecimento prévio. Por conseguinte, a proposta do modelo resumo desta pesquisa é que a GC possa ser realizada nos projetos de engenharia detalhada que utilizem BIM, conforme evidenciado nas seis etapas discriminadas anteriormente.

Sobre os meios de utilização expostos no modelo durante o ciclo de vida dos projetos, os *frameworks* ou melhores práticas de gestão de projetos devem ser arbitrados pelas empresas ou equipes de projetos, pois esse não é o foco deste estudo. O modo como serão feitos a modelagem e os *inputs* dos parâmetros orientados a objetos deve ser corretamente descrito no plano de execução BIM (do inglês, *BIM execution plan* – BEP) do empreendimento para que não haja intercorrências durante a execução do modelo 3D. Analogamente à definição sobre métodos e metodologias de gestão, a plataforma centralizada e integrada também deverá ser realizada pelas equipes de projeto e empresas.

5 CONCLUSÕES

Por meio do emprego de uma RSL definiram-se os trabalhos correlatos que permitiram a elaboração de um quadro, intitulado pela autora de modelo resumo, que correlaciona os processos atuais recomendados pela SBGC com o BIM. A RSL também gerou os principais pontos levantados para conhecimento do problema, permitindo a criação do artefato da DSR. A realização do grupo focal e a continuidade do processo da DSR por meio do ciclo de Wieringa permitiram a finalização do estudo.

Os resultados positivos desta pesquisa são: uma RSL muito bem estruturada com uma quantidade extensa de artigos analisados e o seu principal produto é um modelo resumo simplificado e prático que permite várias oportunidades de trabalhos futuros correlacionando BIM e GC.

Outras possibilidades de pesquisa são:

- Elaboração de um roteiro para aplicação do modelo BPMN proposto e avaliação da sua praticidade;
- Análise entre o nível de maturidade BIM e o nível de maturidade da GC;
- Aprofundamento dos estudos sobre a plataforma centralizada e integrada proposta nesta pesquisa, pois ela resolve muitos dos problemas levantados na RSL;
- Aplicação de *frameworks* de gestão de projetos e gestão ágil alinhados à GC;
- Estruturação de BEP para atender requisitos da GC;
- Modelos BPMN para seções de detecção e simulação BIM alinhados à GC.

No que tange às limitações desta pesquisa, pode-se apontar o baixo número de mapas conceituais correlacionando a GC ao BIM, o que pode ser explicado pelo baixo nível de maturidade dos projetos em BIM ainda em todo o mundo. A RSL evidencia uma grande lacuna entre profissionais qualificados e a existência de uma plataforma centralizada e integrada com a má qualidade dos projetos em BIM não aderente às necessidades dos *stakeholders*.

REFERÊNCIAS

ADDIS, M. Tacit and explicit knowledge in construction management.

Construction Management and Economics, v. 34, n. 7/8, p. 439-445, 2016.

AHUJA, R.; JAIN, M.; SAWHNEY, A.; ARIF, M. Adoption of BIM by architectural firms in India: technology-organization-environment perspective. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 12, n. 4, p. 311-330, 2016. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17452007.2016.1186589>. Acesso em: 12 out. 2021.

ALAGHBARI, W.; KADIR, M. R. A.; SALIM, A. The significant factors causing delay of building construction projects in Malaysia. **Eng. Constr. Archit. Manage**, v. 14, n. 2, p. 192-206, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/09699980710731308>. Acesso em: 12 out. 2021.

ANUMBA, C. J.; UGWU, O. O.; NEWNHAM, L.; THORPE, A. Collaborative design of structures using intelligent agents. **Autom. Constr.**, v. 11, n. 1, p. 89-103, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0926-5805\(01\)00055-3](https://doi.org/10.1016/S0926-5805(01)00055-3). Acesso em: 12 out. 2021.

ANUMBA, C. J.; PULSIFER, D. Knowledge management systems for construction. In: CONSTRUCTION RESEARCH CONGRESS, 2010, **Proceedings [...]**, p. 687-696, 2010.

AZHAR, S. Building Information Modeling (BIM): trends, benefits, risks and challenges for the AEC industry. **Leadersh. Manag. Eng.**, v. 11, p. 241-252, 2011.

BALOI, D.; PRICE, A. D. F. Modeling global risk factors affecting construction cost performance. **Int. J. Project Manage**, v. 21, n. 4, p. 261-269, 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(02\)00017-0](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00017-0). Acesso em: 12 out. 2021.

BARLISH, K.; SULLIVAN, K. How to measure the benefits of BIM: a case study approach. **Automation in Construction**, v. 24, p. 149-159, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.02.008>. Acesso em: 25 out. 2021.

BERLO, L. V.; DERKS, G.; PENNAVAIRE, C.; BOS, P. Collaborative engineering with IFC: common practice in the Netherlands. In: BEETZ, J.; VAN BERLO, L.;

BRASIL. Ministério da Economia. **Manual de obras públicas-edificações**: práticas da SEAP. Brasília, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/compras/pt-br/centrais-de-conteudo/manuais/manual-obras-publicas-edificacoes-praticas-da-seap-manuais/manual_obraspublicas_construcao.pdf/view. Acesso em: 12 out. 2021.

BRYDE, D.; BROQUETAS, M.; VOLM, J. M. The project benefits of Building Information Modelling (BIM). **Int. J. Proj. Manag.**, v. 31, p. 971-980, 2013.

BUDGEN, D.; TURNER, M.; BRERETON, P.; KITCHENHAM, B. Using mapping studies in software engineering. In: PPIG, 2008, **Proceedings [...]**, Lancaster University, v. 8, p. 195-204, 2008.

CAPLAN, S. Using focus group methodology for ergonomic design. **Ergonomics**, v. 33, n. 5, p. 527-533, 1990.

CAO, D.; WANG, G.; LI, H.; SKITMORE, M.; HUANG, T.; ZHANG, W. Práticas e eficácia de modelagem de informações de construção em projetos de construção na China. **Automação na Construção**, v. 49, p. 113-122, 2015.

CARRILLO, P.; CHINOWSKY, P. Exploiting knowledge management: the engineering and construction perspective. **J. Manage. Eng.**, v. 22, n. 1, p. 2-10, 2006. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0742-597X\(2006\)22:1\(2\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0742-597X(2006)22:1(2)). Acesso em: 23 ago. 2021.

CARRILLO, P.; ROBINSON, H.; AL-GHASSANI, A.; ANUMBA, C. Knowledge management in UK construction: strategies, resources and barriers. **Project Manage. J.**, v. 35, n. 1, p. 46-56. 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/875697280403500105>. Acesso em: 11 set. 2021.

CHECCUCCI, E. S. Teses e dissertações brasileiras sobre BIM: uma análise do período de 2013 a 2018. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, São Paulo, v. 10, p. e019008, 2019. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8653708>. Acesso em: 3 out. 2021.

DAVE, B.; KOSKELA, L. Collaborative knowledge management: a construction case study. **Automation in Construction**, v. 18, n. 7, p 894-902, 2009.

DAVILA, G. A.; FRAGA, B. D.; DIANA, J. B.; SPANHOL, F. J. O ciclo de gestão do conhecimento na prática: um estudo nos núcleos empresariais catarinenses. **International Journal of Knowledge Engineering and Management (IJKEM)**, Florianópolis, v. 3, n. 7, p. 43-64, 2014.

DIAS, C. A. Grupo focal: técnica de coleta de dados em pesquisas qualitativas. **Informação e Sociedade**, v. 10, n. 2, 2000. Disponível em: <http://hdl.handle.net/20.500.11959/brapci/92532>. Acesso em: 24 out. 2021.

DRESCH, A. Design Science e Design Science Research como artefatos metodológicos para engenharia de produção. 2013. 184 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2013.

DING, L. Y.; ZHONG, B. T.; WU, S.; LUO, H. B. Construction risk knowledge management in BIM using ontology and semantic web technology. **Saf. Sci.**, v. 87, p. 202-213, 2016.

DULAIMI, M. F.; LING, F. Y. Y.; OFORI, G.; DE SILVA, N. 2002. Enhancing integration and innovation in construction. **Build. Res. Inf.**, v. 30, p. 237-247, 2002.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM handbook**: a guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons Inc., Hoboken, 2008.

FROESE, T. M. The impacts of emerging information technology on project management for construction. **Automation in Construction**, v. 19, p. 531-538, 2010.

GOLD, A. H.; MALHOTRA, A.; SEGARS, A. G. Knowledge management: an organizational capabilities perspective. **J. Manage. Inf. Syst.**, v. 18, n. 1, p. 185-214, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/07421222.2001.11045669>. Acesso em: 11 jun. 2021.

GU, N.; LONDON, K. Compreender e facilitar a adoção do BIM na indústria de AEC. **Automation in construction**, v. 19, n. 8, p. 988-999, 2010.

HALLOWELL, M. R. Safety knowledge management in American construction organizations. **J. Manage. Eng.**, v. 28, n. 2, p. 203-211, 2012. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000067](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000067). Acesso em: 12 set. 2021.

JASIM, N. A.; ALJUMAILY, H. S. M.; VAROUGA, I. F.; AL-ZWAINY, F. M. S. Building Information modeling and building knowledge modeling in project management. **Computer Assisted Methods in Engineering and Science**, v. 28, n. 1, p. 3-16, dec. 2020. Disponível em: <https://comes.ippt.pan.pl/index.php/comes/article/view/302>. Acesso em: 30 abr. 2022.

JINGMOND, M.; ÅGREN, R. Unravelling causes of defects in construction. **Constr. Innovation**, v. 15, n. 2, p. 198-218, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/CI-04-2014-0025>. Acesso em: 23 jul. 2021.

KASSEM, M. Assessing and improving Market BIM Maturity: Conceptual Constructs and Practical Tools. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE O ENSINO DE BIM, 1., 2018, Campinas. **Anais [...]**, Campinas: ANTAC, 2018. Disponível em: <http://www.antaceventos.net.br/index.php/enebim/2018/paper/view/017000400202>. Acesso em: 2 ago. 2021.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**. 2007. Disponível em:

<https://www.elsevier.com/data/promismisc/525444systematicreviewsguide.pdf>.

Acesso em: 11 ago. 2021.

KIVRAK, S.; ARSLAN, G.; DIKMEN, I.; BIRGONUL, M. T. Capturing knowledge in construction projects: Knowledge platform for contractors. **J. Manage. Eng.**, v. 24, n. 2, p. 87-95, 2008. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0742-597X\(2008\)24:2\(87\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0742-597X(2008)24:2(87)). Acesso em: 5 set. 2021.

KHUDHAIR, A.; LI, H.; REN, G.; LIU, S. Towards future BIM technology innovations: a bibliometric analysis of the literature. **Appl. Sci.**, v. 11, n. 3, 1232, 2021.

Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app11031232>. Acesso em: 11 out. 2021.

LACERDA, D. P.; DRESCH, A.; PROENÇA, A.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 20, n. 4, p. 741-761, 2013. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2013000400001. Acesso em: 12 ago. 2021.

LIN, Y. C. Construction 3D BIM-based knowledge management system: a case study. **J. Civ. Eng. Manage.**, v. 20, n. 2, p. 186-200, 2014. Disponível em:

<https://doi.org/10.3846/13923730.2013.801887>. Acesso em: 4 ago. 2021.

LIU, F.; ANUMBA, C. J.; JALLOW, A. K.; CARRILLO, P. M. Integrated change and knowledge management system: development and evaluation. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, v. 24, p. 112-128, 2019.

Disponível em: www.itcon.org/2019/7. Acesso em: 24 ago. 2021.

MAXWELL, J. A. **Qualitative research design: an interactive approach**. London: SAGE, 2012.

MILLER, G.; SHARMA, S.; DONALD, C.; AMOR, R. Desenvolvendo uma informação de construção modelagem de estrutura educacional para o setor terciário na Nova Zelândia. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRODUCT LIFECYCLE MANAGEMENT, **Anais [...]**, p. 606-618, 2013.

MOTAWA, I.; ALMARSHAD, A. 2013. A knowledge-based BIM system for building maintenance. **Autom. Constr.**, v. 29, p. 173-182. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.09.008>. Acesso em: 3 set. 2021.

NONAKA, I. A dynamic theory of organizational knowledge creation. **Organ. Sci.**, v. 5, n. 1, p. 14-37, 1994. Disponível em: <https://doi.org/10.1287/orsc.5.1.14>. Acesso em: 12 jul. 2021.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **Criação de conhecimento na empresa: como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação**. 3. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **Teoria da criação de conhecimento na empresa: gestão do conhecimento**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

OFEK, E.; SARVARY, M. Leveraging the customer base: creating competitive advantage through knowledge management. **Manage. Sci.**, v. 47, n. 11, p. 1441-1456, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1287/mnsc.47.11.1441.10249>. Acesso em: 15 jul. 2021.

OZTURK, G.; YITMEN, I. Conceptual model of building information modelling usage for knowledge management in construction projects. In: **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**. IOP Publishing, 2019. p. 022043.

PAPADONIKOLAKI, E.; VAN OEL, C.; KAGIOGLOU, M. Organising and managing boundaries: a structurational view of collaboration with Building Information Modelling (BIM). **International Journal of Project Management**, v. 37, n. 3, p. 378-394, 2019.

PARK, C.-S.; LEE, D.-Y.; KWON, O.-S.; WANG, X. A framework for proactive construction defect management using BIM, augmented reality and ontology-based data collection template. **Automation in Construction**, v. 33, p. 61-71, 2013.

PEREIRA, M. H., BRAGA, J. L., ZAIDAN, F. H., & LEAL, A. L. DE C. **Adoção do BIM nas empresas de Arquitetura, Engenharia e Construção no estado de Minas**

Gerais: uma avaliação por nível de maturidade. *Exacta*, 2022, DOI:

<https://doi.org/10.5585/exactaep.2022.20007>. Acesso em: 23 de maio 2022.

SAINI, M.; ARIF, M.; KULONDA, D. J. Critical factors for transferring and sharing tacit knowledge within lean and agile construction processes. **Construction Innovation**, v. 18, n. 1, p. 64-89, 2018.

SAMPAIO, A. Z. The introduction of the BIM concept in civil engineering curriculum. **International Journal of Engineering Education**, v. 31, p. 302-315, 2015.

SAITO, A.; FUKUNAGA, F. (Org.). **Modelo de referência SBGC**: guia de referência da gestão conhecimento. São Paulo: SBGC, 2020.

SEHRAWY, A.; AMOUDI, O. A BIM-based conceptual model to manage knowledge in construction design. In: CREATIVE CONSTRUCTION E-CONFERENCE, 2020, Budapeste. **Proceedings [...]**, Budapeste: Budapest University of Technology and Economics, 2020. p. 2-12.

SENGE, P. **The fifth discipline**: the art and practice of the learning organization. New York: Doubleday/ Currenc, 1990.

STEEL, J.; DROGEMULLER, R.; TOTH, B. Model interoperability in building information modelling. **Softw. Syst. Model.**, v. 11, p. 99-109, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10270-010-0178-4>. Acesso em: 12 set. 2021.

SCHEER, S.; AYRES FILHO, C. Abordando a BIM em níveis de modelagem. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 9., 2009, São Carlos, Brasil. **Anais [...]**, São Paulo: USP, 2009. 1 CD-ROM.

SILVA, M. J. F.; SALVADO, F.; COUTO, P.; AZEVEDO, A. V. Proposta de roteiro para implementação modelagem da informação da construção (BIM) em Portugal. **Open Journal of Civil Engineering**, v. 6, n. 3, p. 475-481, 2016. Disponível em: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=67253>. Acesso em: 23 jul. 2021.

SUCCAR, B. Building information modeling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, p. 357-375, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>. Acesso em: 6 set. 2021.

UDEAJA, C. E.; KAMARA, J. M.; CARRILLO, P. M.; ANUMBA, C. J.; BOUCLAGHEM, N.; TAN, H. C. A web-based prototype for live capture and reuse of construction project knowledge. **Autom. Constr.**, v. 17, n. 7, p. 839-851, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.02.009>. Acesso em: 11 jul. 2021.

URIARTE JR., F. A. **Introduction to knowledge management**: a brief introduction to the basic elements of knowledge management for non-practitioners interested in understanding the subject. Jakarta: ASEAN Foundation, 2008.

WANG H.; MENG X. Transformation from IT-based knowledge management into BIM-supported knowledge management: a literature review. **Expert. Syst. Appl.**, v. 121, p. 170-187, 2019.

WANG, H.; MENG, X. BIM-supported knowledge management: potentials and expectations. **Journal of Management in Engineering**, v. 37, n. 4, p. 04021032, 2021.

WIERINGA, R. **Design science as nested problem solving**. New York: ACM, 2009.

WU, G.; LIU, C.; ZHAO, X.; ZUO, J. Investigating the relationship between communication-conflict interaction and project success among construction project teams. **Int. J. Project Manage.**, v. 35, n. 8, p. 1466-1482, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.08.006>. Acesso em: 15 out. 2020.

XU, N.; MA, L.; WANG, L.; DENG, Y., NI, G. Extracting domain knowledge elements of construction safety management: rule-based approach using Chinese natural language processing. **J. Manage. Eng.**, v. 37, n. 2, 2021. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000870](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000870). Acesso em: 22 set. 2021.

VANLANDE, R.; NICOLLE, C.; CRUZ, C. IFC and building lifecycle management. **Automation in Construction**, v. 18, n. 1, p. 70-78, 2008.

VEIGA, L.; GONDIM, S. M. G. A utilização de métodos qualitativos na Ciência Política e no *Marketing* Político. **Opin. Pública**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 1-15, 2001.

VERAS, M. **Gestão da tecnologia da informação**: sustentação e inovação para a transformação digital. Rio de Janeiro: Brasport, 2019.

ZAIDAN, F. H. **Aportes da arquitetura corporativa para o ambiente dos sistemas informatizados de gestão arquivística de documentos**: aplicação em companhia de energia elétrica. 2015. 176 f. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) – Escola de Ciência da Informação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

ZHOU, Q.; DENG, X.; HWANG, B. G.; JI, W. Integrated framework of horizontal and vertical cross-project knowledge transfer mechanism within project-based organizations. **J. Manage. Eng.**, v. 36, n. 5, 2020. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000828](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000828). Acesso em: 1 set. 2021.