XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

Métodos e possibilidades de integração BIM-ACV: uma análise bibliométrica

Methods and possibilities of BIM-LCA integration: a bibliometric analysis

Thaina Barbosa Queiroga
Universidade Federal de São Carlos | São Carlos | Brasil | tqueiroga@estudante.com.br
Cristiane Bueno
Universidade Federal de São Carlos | São Carlos | Brasil | cbueno@ufscar.br

Resumo

O setor da Arquitetura, Engenharia e Construção é um dos principais agentes dos impactos ambientais. Dentro deste contexto, é necessário a adoção de estratégias inovadoras que tornem o setor mais sustentável. Sendo assim, a integração entre as metodologias de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e Building Information Modelling (BIM) tem se mostrado promissora no apoio à tomada de decisão no desenvolvimento de projetos de menor impacto ambiental. Dessa forma, a presente pesquisa teve como objetivo realizar uma análise bibliométrica referente aos estudos dos diferentes métodos de integração BIM-ACV.

Palavras-chave: Modelagem da informação da construção (BIM). Avaliação do ciclo de vida (ACV). Integração BIM-ACV. Avaliação ambiental das edificações.

Abstract

The Architecture, Engineering and Construction sector is one of the main agents of environmental impacts. Within this context, it is necessary to adopt new strategies that make the sector more sustainable. Thus, the integration between the Life Cycle Assessment (LCA) and Building Information Modeling (BIM) methodologies has shown to be promising in supporting decision-making in the development of projects with lower environmental impact. Thus, the present research aimed to carry out a bibliometric analysis regarding the studies of the different BIM-LCA integration methods.

Keywords: Building Information Modeling (BIM). Life Cycle Assessment (LCA). BIM-ACV integration. Environmental assessment of buildings.

Como citar:
QUEIROGA, T. B; BUENO, C.. Métodos e possibilidades de integração BIM-ACV: uma análise bibliométrica. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. XXX-XXX.

INTRODUÇÃO

A área da construção civil possui alto consumo de recursos naturais, bem como a geração de grandes impactos ambientais, que abrangem desde a fabricação de cimentos e suas emissões de gás carbônico na atmosfera até a deposição de resíduos em aterros decorrente de grande perda em canteiros de [1]. Por conta disso, se faz necessário cada vez mais, a aplicação de estratégias inovadoras que reduzam os impactos ambientais e torne o setor mais sustentável.

Dentro deste cenário, é sabido que a maioria dos impactos do ciclo de vida do edifício são uma consequência das decisões tomadas nas fases iniciais de [2]. Assim, reconhece-se a importância das etapas iniciais para reduzir os impactos ambientais do ciclo de vida dos edifícios e melhorar a sustentabilidade da construção, promovendo desde o início discussões a respeito do desempenho das soluções a serem adotadas [3, 4].

A Avaliação do Ciclo de Vida é definida como sendo o conjunto e a avalição de entradas e saídas referentes aos potenciais impactos ambientais de um sistema ou produto ao longo de todo o ciclo de vida [5, 6]. Essa metodologia, apesar da completa análise que realiza sobre o objeto em questão, acaba tendo sua aplicabilidade reduzida na construção civil, isto porque, é necessária uma grande quantidade de dados para sua execução além de uma complexa análise que demanda tempo para elaboração. Por conta disso, a ACV é geralmente aplicada nas fases finais de projeto, no qual já se tem definido e encaminhado grande parte das decisões, impossibilitando alterações em função de melhorias nas questões de sustentabilidade [7].

Assim, a integração BIM-ACV é muito promissora, visto que se facilita que a ACV seja aplicada nas fases iniciais de projeto de forma simplificada e confiável para que seja possível utilizá-la como base para tomada de decisão em prol de edificações mais sustentáveis. Dessa forma, com o objetivo de compreender o panorama geral sobre os processos BIM-ACV durante as fases de projeto, a presente pesquisa levantou os dados bibliométricos referentes aos estudos que trabalham com os métodos de integração BIM-ACV.

FUNDAMENTAÇÃO

O processo tradicional de projeto de edificações é fragmentado, ou seja, cada etapa do projeto é trabalhada de forma individual e independente, o que contribui para erros e omissões de informações importantes para o desenvolvimento do projeto, gerando custos que não foram previstos, assim como atrasos e problemas entre os responsáveis pelo empreendimento [8].

Neste cenário, a metodologia Building Information Modelling (BIM) se estabelece, sendo definida segundo [9] como a integração entre políticas, tecnologias e processos, que gerenciam de forma digital tanto a questão do projeto quanto as informações essenciais de todo o ciclo de vida da edificação.

O conceito BIM preconiza, portanto, a criação de um modelo integrado, no qual haja colaboração entre todos os participantes de forma integrada e conjunta, contribuindo para que a solução adotada atenda aos requisitos dos clientes e garanta o desenvolvimento de projetos compatibilizados entre si e com as soluções construtivas, evitando tomada de decisões improvisadas que causam desperdícios de tempo e dinheiro [10].

Já a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), segundo [5], é o conjunto e a avalição de entradas e saídas referentes aos potenciais impactos ambientais de um sistema ou produto ao longo de todo o ciclo de vida. Destaca-se, portanto, como uma metodologia de excelência para análise e escolhas de alternativas no âmbito ambiental [11].

Apesar das limitações existentes, essa metodologia é aplicável a todos os setores da construção civil contribuindo para tomadas de decisões em empresas em prol do desenvolvimento de edificações mais sustentáveis.

A adequação dos procedimentos da ACV para construção civil, foram discutidas por [12] buscando minimizar as potenciais dificuldades que poderiam surgir. Sendo assim, foi proposto os seguintes requisitos: regras especiais de fronteira do sistema devem ser definidas para forçar a separabilidade; processos específicos para sistema construtivo devem ser modelados; a hipótese de estabilidade do tempo deve ser forçada ou cancelada; qualidade dos dados e as relações entre eles devem ser documentadas; a lista de estressores de impacto deve ser aberta aos critérios definidos pelo utilizador; assistência deve ser prestada aos utilizadores para gestão de resultados e um programa de computador desse ser utilizado para auxiliar o processo.

Vale destacar que a aplicação da ACV na construção civil conta com outras limitações além dessas já apresentadas. A dificuldade de se encontrar bancos de dados confiáveis e completos para os materiais utilizados neste setor é uma dessas limitações, visto que os materiais utilizados na construção civil possuem uma grande variedade de composições químicas para se catalogar [13]. Além disso, a heterogeneidade de dados com unidades funcionais distintas (unidade, tamanho, normas regionais e internacionais e a metodologia utilizada na ACV) também dificultam a aplicação da avalição ambiental dentro do setor da construção civil [14]. Por fim, a realização do estudo de ACV é ainda é uma atividade que demanda tempo o que ao longo do desenvolvimento de um projeto pode ser um fator que impossibilite a execução do mesmo.

Como forma de simplificar este processo, o BIM pode ser integrado e utilizado para realizar os estudos de ACV para todo o ciclo de vida das edificações. Segundo [11], a visão sistemática que uma plataforma BIM promove, colabora para a antecipação da tomada de decisão refletindo os campos socioeconômicos e ambiental, promovendo desde as etapas iniciais um cenário mais realístico sobre o empreendimento.

Para [15], existem duas abordagens para a integração BIM–ACV. A primeira consiste na performance detalhada com processos refinados e ferramentas especificas para as simulações. Esta abordagem é complexa e demanda tempo para sua execução, além de dificultar quaisquer reajustes posteriores no projeto, visto que o projeto deve estar avançado para fornecer os dados necessários. Já a segunda abordagem, que também foi discutida por [16], inclui métodos simplificados e rápidos que promovam desde as fases iniciais do projeto um panorama geral das soluções, possibilitando que simulações sejam realizadas de forma confiável e integrada levando em consideração tanto a solução como um todo, quanto questões especificas do projeto.

Ainda [16], também descreveram como outra forma de integração BIM-ACV, a possibilidade da retirada de informações do modelo BIM da edificação para aplicação direta no estudo de ACV (através de softwares de ACV), para que ao fim do estudo seja possível adotar novos caminhos em busca de uma edificação mais sustentável.

Portanto, a visão sistemática que uma plataforma BIM promove, colabora para a antecipação da tomada de decisão refletindo os campos socioeconômico e ambiental, promovendo desde as etapas iniciais um cenário mais realístico sobre o empreendimento [17].

Apesar disso, problemas relacionados a ausência de informações definidas nos projetos, definição de banco de dados confiáveis e também, interoperabilidade das ferramentas são limitações encontradas durante o processo e que estão sendo trabalhadas nas pesquisas desenvolvidas na área.

METODOLOGIA

A análise bibliométrica segundo [16], é um método quantitativo e estatístico que mede índices de produção e disseminação de conhecimento. Dessa forma, para realizar essa análise, foi primeiramente, encontrado os estudos que trabalham com os métodos de integração BIM-ACV.

Assim, utilizou-se as bases de dados da Science Direct, Scopus, Web of Science e Engineering Village, utilizando as palavras-chaves: BIM, LCA, Building Information model*, life cycle assessment e life cycle analysis.

Com os artigos selecionadas das bases de dados, estes foram compilados em uma planilha de Excel para que fosse realizada a seleção dos artigos da seguinte forma:

- Artigos duplicados: exclusão de artigos encontrados em mais de uma base de dados;
- Artigos de Periódico Científicos: foram selecionados apenas os artigos publicados em periódicos.

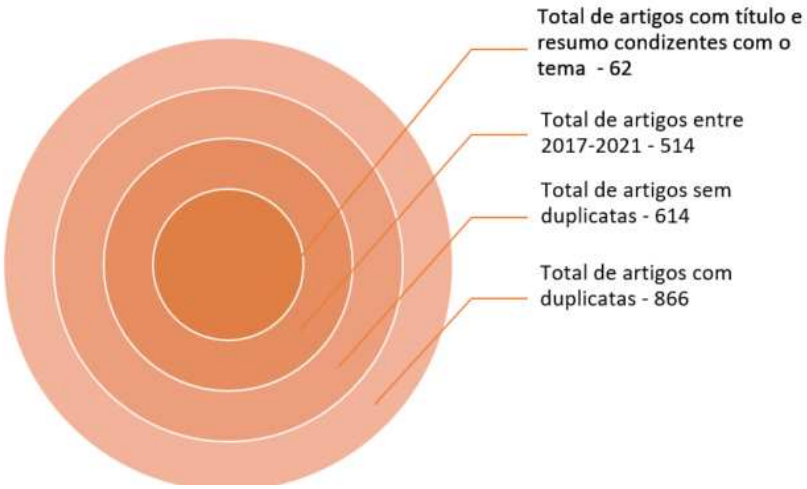
- Artigos publicados entre 2016-2021: A fim de reforçar a relevância atual do tema, foi definido um filtro temporal, buscando apenas artigos publicados no intervalo de anos mencionado.
- Artigos com Títulos e Resumos Pertinentes: foi realizado a leitura dos títulos e resumos dos artigos selecionados a fim de incluir apenas os artigos que descreveram completamente todos os processos utilizados para realizar a integração BIM-ACV.

RESULTADOS

Durante a fase de pesquisa pelos artigos, encontrou-se um total de 866 artigos. A seleção iniciou-se pela eliminação dos artigos duplicados e artigos que não eram de periódicos restando 614. Em seguida o filtro foi temporal entre 2016 e 2021 restando 514 artigos. Por fim, realizou-se a leitura do título e resumo totalizando 62 artigos finais condizentes com o tema.

A relação descrita anteriormente encontra-se na Erro: Origem da referência não encontrada a seguir.

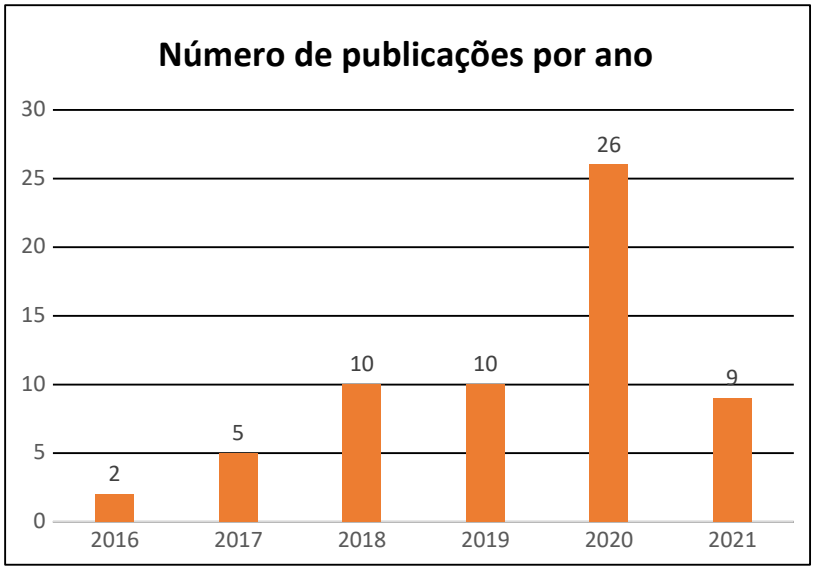
Figura 1: Método de filtragem dos documentos



Fonte: Autores

Iniciou-se a análise dos artigos por meio dos anos de publicação. Assim, buscou-se compreender a pertinência do tema no meio acadêmico ao longo dos anos, como apresentado pela Erro: Origem da referência não encontrada. Como mencionado, apenas os artigos entre o ano de 2016 e 2021 foram selecionados, para que temas atuais frente a estudos e mercados fossem levantados.

Figura 2: Número de publicações por ano

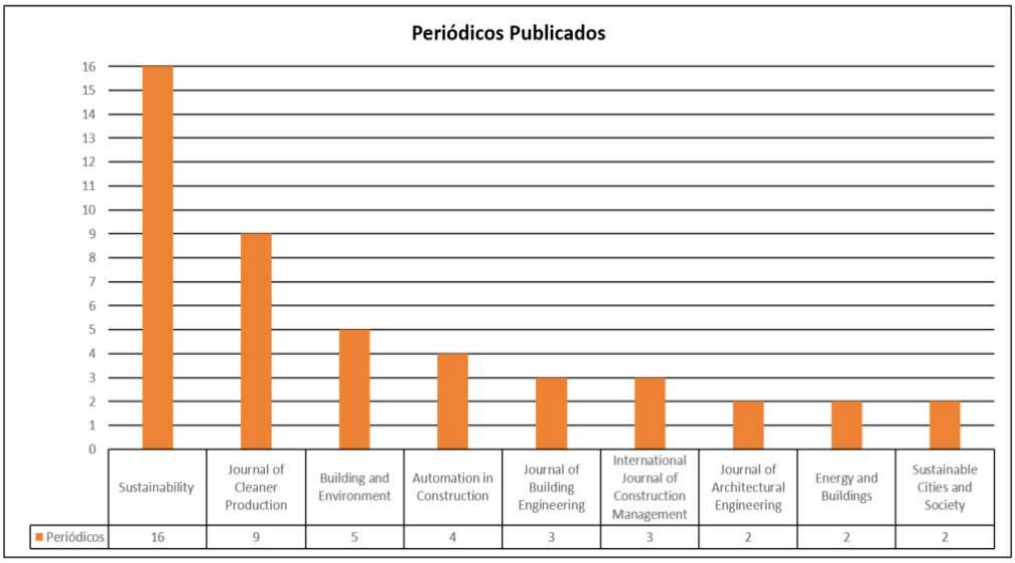


Fonte: Autores

Observa-se uma crescente de publicações a partir de 2016 com uma concentração no número de publicações em 2020 assim como uma queda nas publicações em 2021. Esse cenário retratou a queda de forma geral da produção científica, devido aos efeitos da pandemia e isolamento social em 2020. Sendo assim, a tendência será de retomada da ascendência nessa curva nos próximos anos demostrando a relevância atual do tema.

Com isso, analisou-se a quantidade dos periódicos nos quais foram realizadas as publicações. A Erro: Origem da referência não encontradaapresenta os dados quantitativos referentes às revistas científicas onde foram encontrados os artigos em questão.

Figura 3: Publicações em Periódicos



Fonte: Autores

É possível perceber o destaque principal do "Sustainability", "*Journal of Clear Production*" e *"Building and Environment*" com respectivamente 16, 9 e 5 publicações em cada.
Os três periódicos são internacionais, sendo a "*Sustainability"* uma revista que trata sobre estudos relacionados à sustentabilidade e desenvolvimento sustentável. O "*Journal of Cleaner Production"* tem como foco a pesquisa e a prática de Produção Mais Limpa, Meio Ambiente e Sustentabilidade, visando tornar a sociedade mais sustentável. Por último, "*Building and Environment"* é uma revista que publica artigos de pesquisa originais e artigos de revisão relacionados à ciência da construção e a interação humana com o ambiente construído interno e externo.
Vale indicar que no gráfico foram apresentados somente as revistar com duas ou mais publicações.

De maneira qualitativa uma nuvem de palavras foi desenvolvida para apresenar as mais recorrentes nos estudos. Assim, as diferenças de tamanho variam de acordo com a importância no contexto. Dessa forma, as palavras carbono, "*building*", BIM, "*environmental*", "*sustainable*" e "*simulation*", foram as mais recorrentes e importantes dentro dos estudos selecionados.

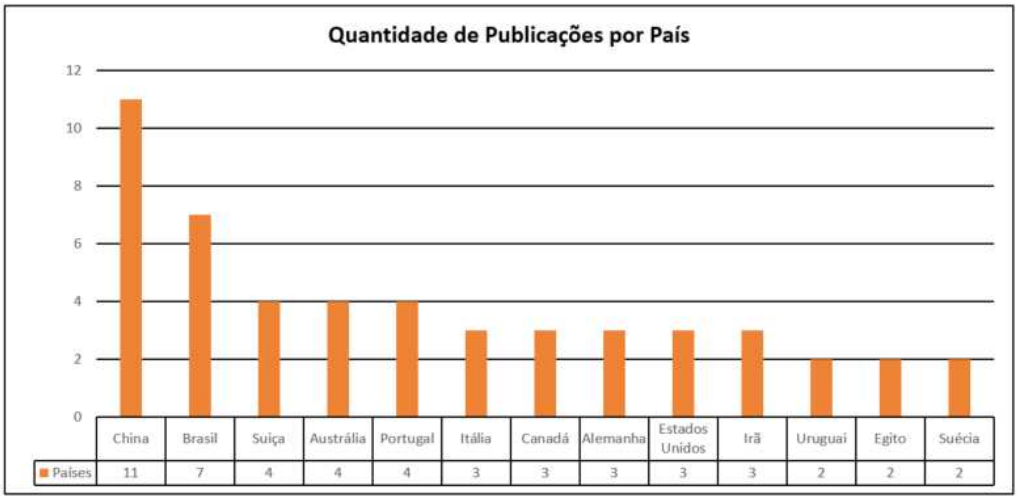
Figura 4: Nuvem de Palavras



Fonte: Autores

Por fim, realizou-se uma análise dos países das publicações, identificando desta forma quais são os lugares que mais estudam sobre a integração BIM-ACV. Notou-se, portanto, a presença significativa, com pelo menos quatro ou mais publicações, da China, Brasil, Suíça, Austrália, Portugal e Itália conforme a Erro: Origem da referência não encontrada5.

Figura 5: Quantidade de Publicações por País



Fonte: Autores

Um importante comentário a se fazer com relação a participação da China nas publicações é que em virtude de seu alto desenvolvimento econômico, industrial e da rápida expansão, o consumo de energia e as emissões de poluentes tem aumentado significantemente [18]. Em consequência disso, o país enfrenta problemas ambientais como a diminuição de recursos hídricos, acelerado desmatamento e tempestades de poeira. Dessa forma, estudos chineses na área de sustentabilidade têm avançado e aumentado a produção, refletindo, portanto, no recorte aqui apresentado [19].

Outro ponto a ser salientado é a participação do Brasil nas publicações. Em segundo lugar, o Brasil que não possui uma solução operante de integração BIM-ACV aparece na frente de países mais avançados na área como a Alemanha.

CONCLUSÕES

A necessidade de diminuir os impactos ambientais causados pelo setor da construção civil, torna cada vez mais essencial a implementação de soluções inovadoras e sustentáveis. A Avaliação do Ciclo de Vida é a principal ferramenta para se calcular os impactos ambientais gerados pelas edificações ao logo de todo o seu ciclo de vida.

Porém, por ser uma ferramenta complexa, a sua integração com o BIM se faz promissora, possibilitando que a sustentabilidade seja o foco das discussões desde as fases inicias de projeto.

Assim, a pesquisa realizada neste trabalho, possibilitou a compreensão do panorama geral do assunto, além de dados estatísticos referente aos estudos relacionados com a integração BIM-ACV que foram selecionados.

Observando a análise bibliométrica realizada, foi possível perceber então, a tendência de crescimento das publicações apesar da queda de publicações no ano de 2021, espera-se que estudos relacionados a sustentabilidade cresçam cada vez mais nos próximos anos devido a necessidade de conciliar desenvolvimento

econômico/social com a sustentabilidade. A exemplo disso, percebe-se que a participação significativa da China nas publicações é devido à essa necessidade, visto que o país enfrente diversos problemas ambientais devido ao alto desenvolvimento econômico. Além da China, Brasil, Suíça, Austrália e Portugal também marcaram presença na produção literária. Ressaltando que mesmo o Brasil não tendo uma solução operante para o processo de integração BIM-ACV acaba publicando mais que os países mais avançados na área.

Com relação aos principais periódicos responsáveis pelas publicações, pode-se concluir que são revistas interdisciplinares e acadêmicas que tem como objetivo publicar estudos relacionados à sustentabilidade e desenvolvimento sustentável da sociedade.

Por último, foi possível contextualizar o tema em função de palavras-chaves como por exemplo "*Building Information Modelling*" e "*Life Cycle Assessment*" que foram utilizadas nos campos de pesquisa das bases de dados, ou mesmo "*building*", "*environmental*", "*sustainable*" e "*simulation*", que foram as palavras mais recorrentes na formação da nuvem de palavras.

Dessa forma, espera-se cada vez mais a realização de estudos na área de forma a contribuir com o equilíbrio entre o desenvolvimento da sociedade e a sustentabilidade das decisões. Assim, as técnicas de integração BIM-ACV serão aprimoradas tornando cada vez mais viável a sua aplicabilidade auxiliando, portanto, na elaboração de projetos mais sustentáveis.

REFERÊNCIAS

[1] UNEP. **Buildings and climate change: Summary for decision-makers**. United Nations Environmental Programme, Sustainable Buildings and Climate Initiative. Paris, 2009. p. 1-62.

[2] BASBAGILL, J.; Flager, F.L.; Lepech, M.; Fischer, M. **Application of Life-Cycle Assessment to Early Stage Building Design for Reduced Embodied Environmental Impacts**. Build. Environ, v. 60, p. 81–92, 2013.

[3] AZHAR, S.; BROWN, J.W.; SATTINENI, A. **A Case Study of Building Performance Analyses Using Building Information Modeling**. In: Proceedings of the 27th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC-27), 2010, Bratislava, Slovakia. Slovakia: 2010. 213–222.

[4] ARAUJO, A. M. F.; CRIPPA, J.; UEHARA, L. K. S.; LOPES, T. V.; SCHEER, S. **Interoperabilidade de ferramentas BIM e avaliação do ciclo de vida de edificações**. In: 10º Simpósio Brasileiro De Gestão E Economia Da Construção, 2017, Fortaleza/CE. Anais SIBRAGEC 2017. Ceará: 2017. 251-259.

[5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14040 – Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida: princípios e estrutura**. Rio de Janeiro, 2009a.

[6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14044 – Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida: requisitos e orientações**. Rio de Janeiro, 2009b.

[7] DIÁZ. J.; Antón. L. A. **Sustainable Construction Approach through Integration of LCA and BIM Tools**. In: Computing in Civil and Building Engineering, 2014, Nova York/NY. Anais Computing in Civil and Building Engineering 2014. Nova York: ASCE, 2014. 283-290.

[8] EASTMAN, C.; TELCHOLZ, P.; SACKS, R.; KATHLEEN, L. **MANUAL de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman. 1ª ed., 2014, 483p

[9] SUCCAR, B. Building information modelling framework: **A research and delivery foundation for industry stakeholders**. Automation in Construction, v. 18, n. 3, p. 357–375, 2009.

[10] ANDRADE, M. L.; RUSCHEL, R. C. **BIM: Conceitos, Cenário das Pesquisas Publicadas no Brasil e Tendências.** Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído. Anais...São Carlos: ANTAC, 2009.

[11] SILVA, B. V. da. **Construção de ferramenta para avaliação do ciclo de vida de edificações**. 2013. Dissertação (Mestrado em Energia) – Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

[12] CHEVALIER, J.L.; LE TENO, J.F. **Requirements for an LCA-based model for the evaluation of the environmental quality of building products**. Building and Environment, v. 31(5), p. 487–91, 1996.

[13] SCHEUER, C.; KEOLEIAN, G. A.; REPPE, P. **Life cycle energy and environment performance of a new university building: modelling challenges and design implications**. Energy and Buildings, n. 35, p. 1049-1064, 2003

[14] DJUEDJA, J. F. T et al. A**n integrated Linked Building Data system: AEC industry case**. Advances in Engineering Software, v. 152, n. July 2019, p. 102930, 2021.

[15] CAVALLIERE, C., HABERT, DELL'OSSO, G.R., HOLLBERG, A. **Continuous BIM-based assessment of embodied environmental impacts throughout the design process**. Journal of Cleaner Production. v. 211, p. 941–952, 2019

[16] DIÁZ. J.; Antón. L. A. **Sustainable Construction Approach through Integration of LCA and BIM Tools**. In: Computing in Civil and Building Engineering, 2014, Nova York/NY. Anais Computing in Civil and Building Engineering 2014. Nova York: ASCE, 2014. 283-290.

[17] SOARES, S. R.; SOUZA, D. M.; PEREIRA, S. W. **Avaliação do ciclo de vida no contexto da construção civil**. Porto Alegre: Coletânea Habitare – Construção e Meio Ambiente, vol. 7, 2006, p. 97-127.

[18] ARAÚJO, C. A. A.. **Bibliometria: evolução histórica e questões atuais**. Em Questão, v.12, 2006.

[19] ZHANG, J.. **Foreign Direct Investment, Governance and the Environment in China**: **Regional Dimensions**. The Nottingham China Policy Institute Series. Palgrave Macmillan, 1ª edição, 2013.

[20] LIMA et. al. **Meio ambiente na china: Impasses, avanços e desafios**. Revista Realis. Pernambuco, 2021.