XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

ESTUDO BIBLIOMÉTRICO SOBRE A ASSOCIAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES[1]

MUTA, Luís Filipe (1); FAGUNDES, Estefânia Duarte (2); Macarthy, Maritza da Rocha (3); SILVA, Antonio César Silveira Baptista da (4); CORRÊA, Luciano de Vasconcellos (5); SCHRAMM, Fábio Kellermann (6)

(1) Universidade Federal de Pelotas, lfmuta@outlook.com
(2) Universidade Federal de Pelotas, estefania-fagundes@hotmail.com
(3) Universidade Federal de Pelotas, mmacarthy2013@gmail.com
(4) Universidade Federal de Pelotas, antoniocesar.sbs@gmail.com
(5) Universidade Federal de Pelotas, luccianovasconcellos@gmail.com
(6) Universidade Federal de Pelotas, fabioks@ufpel.edu.br

RESUMO

O setor de edificações é um dos maiores consumidores de energia e emissores. Neste aspecto, diversos países estão promovendo a avaliação e certificação de eficiência energética em edificações. No Brasil, a certificação é realizada a partir das diretrizes do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica). Atualmente, o processo de certificação de eficiência energética é baseado na documentação bidimensional, característica do processo tradicional de projeto assistido por ferramentas CAD. Entretanto, esse cenário será alterado, pois o Decreto nº 10.306/2020 determina que a tecnologia Building Information Modeling (BIM) deverá ser utilizada a partir de 2021 para a elaboração de projetos e execução de obras públicas. Assim, tendo em vista a iminente convergência entre esses dois temas, este artigo apresenta um estudo bibliométrico como parte de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), realizada para identificar o estado da arte da associação entre BIM e eficiência energética em edificações. A partir da RSL foi possível identificar como os dois temas tem sido associados pela comunidade acadêmica e quais são os enfoques e as tendências futuras. (Produto de disciplina) (meio)

Palavras-chave: *Building Information Modeling. Eficiência energética. Edificações. Revisão Sistemática de Literatura.*

ABSTRACT

The building sector is one of the largest consumers of energy. In this regard, several countries are promoting energy efficiency evaluation and certification for buildings. In Brazil, the energy efficiency certification is carried out according to the guidelines established by "PBE Edifica"

---

[1] MUTA, Luís Filipe; FAGUNDES, Estefânia Duarte; MACARTHY, Maritza da Rocha; SILVA, Antonio César Silveira Baptista da; CORRÊA, Luciano de Vasconcellos; SCHRAMM, Fábio Kellermann. ESTUDO BIBLIOMÉTRICO SOBRE A ASSOCIAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

(Brazilian building labeling program). Currently, the energy efficiency certification process is based on 2D documentation, developed by CAD tools. However, this scenario will be changed, as Decree No. 10.306/2020 determines that BIM (Building Information modeling) technology will be used from 2021 for the elaboration off public projects and constructions. Thus, in view of the imminent convergence between these themes (i.e. energy certification and BIM), this article presents a bibliometric study as part of a Systematic Literature Review (SLR), carried out to identify the state of the art of the association between BIM and energy efficiency. From the RSL it was possible to identify how those themes have been linked by the academic community and what are the future approaches and trends.

***Keywords**: Building Information Modeling. Energy efficiency. Buildings. Systematic Literature Review.*

1 INTRODUÇÃO

Em âmbito global, as edificações consomem 40% da energia primária e emitem 30% dos gases de efeito estufa (DIXIT *et al*., 2016). Neste contexto, as medidas de eficiência energética são essenciais para reduzir esses impactos, sendo que a avaliação e certificação de eficiência energética estão entre as medidas mais relevantes atualmente, sendo compulsórias em alguns países (HARTER *et al*., 2020).

Neste sentido, no contexto nacional, o poder público promulgou a Instrução Normativa SLTI/MP nº 02/2014 (BRASIL, 2014). Este ato determinou que as edificações públicas federais novas, bem como as existentes que venham a sofrer retrofit sejam avaliadas e certificadas no nível A, no âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica), por meio da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) (BRASIL, 2014).

Atualmente, a avaliação de eficiência energética é fundamentada em documentação bidimensional (2D), típica do processo tradicional de projeto assistido por ferramentas baseadas em *Computer-Aided Design*[2] (CAD) (OHLWEILER *et al*., 2019). Entretanto, esse cenário está prestes a mudar, pois o Decreto nº 10.306/2020 determina que o poder público passe a utilizar a tecnologia *Building Information Modeling* (BIM), a partir de 2021, para a elaboração de projetos e a execução de obras, realizadas pelos órgãos da administração pública federal (BRASIL, 2020).

Desta forma, com base na Instrução Normativa SLTI/MP nº 02/2014 e no Decreto nº 10.306/2020, é perceptível que a integração entre a eficiência energética em edificações e BIM é efêmera. Neste contexto, o objetivo deste artigo é, a apresentar, com base em uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), um estudo bibliométrico de como a tecnologia BIM tem sido associada à temática da eficiência energética em edificações.

2 MÉTODO

A RSL é um tipo de investigação científica que utiliza métodos sistemáticos e explícitos para captar, selecionar e avaliar os resultados de estudos passados, buscando obter, sobre determinado tema, o que é conhecido, como isso varia entre os estudos e o que não foi estudado (GOUGH; OLIVER; THOMAS, 2012).

A realização da RSL é dividida em três atividades: mapear as pesquisas anteriores;

[2] No contexto da arquitetura, o acrônimo CAD – traduzido para o português como Desenho Assistido por Computador – é referente aos sistemas computacionais utilizados para representar as edificações, sendo esse a prática mais comum para a representação 2D (NUNES; LEÃO, 2018).

avaliar criticamente os resultados; e associar as descobertas de maneira sintetizada (GOUGH; OLIVER; THOMAS, 2012).

Inicialmente foi estabelecido o protocolo de pesquisa e, em seguida, foi utilizada a ferramenta *Parsifal*[3] para importar os dados dos artigos obtidos nas bases, realizar a seleção e classificação dos artigos e visualizar gráficos gerados automaticamente pela plataforma.

2.1 Protocolo de pesquisa

A princípio, foi elaborado um protocolo de pesquisa, com a função de delimitar e registrar: (a) o objetivo da RSL (b) as questões de pesquisa; (c) as bases de dados a serem consultadas; (d) o *string* de busca (palavras-chave); (e) os critérios de seleção dos artigos captados (inclusão e exclusão); e (f) os critérios utilizados para a classificação dos artigos.

Assim, foram selecionadas apenas bases de pesquisa com textos completos. O *string* foi estabelecido a partir da análise prévia de artigos que abordam a temática proposta. Os filtros foram aplicados para que as buscas resultassem em publicações recentes (período de dez anos); nos idiomas dominados pelos autores (inglês e português); na área da arquitetura, engenharia, construção e semelhantes; e foram considerados apenas os artigos de periódicos revisados por pares, conforme o Quadro 1, a seguir.

Quadro 1 – Protocolo da RSL

<table>
<tr><td colspan="2">1 Objetivo</td></tr>
<tr><td colspan="2">Identificar o estado da arte da associação da tecnologia BIM na eficiência energética em edificações.</td></tr>
<tr><td colspan="2">2 Questões de pesquisa</td></tr>
<tr><td colspan="2">Como o BIM tem sido associado à eficiência energética em edificações?
Como o BIM pode beneficiar o processo de etiquetagem de eficiência energética?</td></tr>
<tr><td>3 Bases de dados</td><td>4 String de busca</td></tr>
<tr><td>American Society of Civil Engineers (ASCE);
Emerald Insight;
Engineering Research Database (Proquest);
ScienceDirect (Elsevier);
SpringerLink;
Taylor & Francis Online;
Web of Science Core Collection;
Wiley Online Library.</td><td>("Building Information Modeling" OR "Building Information Modelling") AND ("Energy Efficiency" OR "Building Energy Performance") AND ("Energy Rating" OR "Energy Labelling" OR "Energy Certification" OR "Energy Assessment")</td></tr>
<tr><td colspan="2">5. Filtros</td></tr>
<tr><td colspan="2">Ano de publicação: 2010 a 2020
Tipos de pesquisa: apenas artigos de periódicos revisados por pares
Idioma: Inglês e Português
Área de pesquisa: Arquitetura, Engenharia e Construção</td></tr>
<tr><td>6 Critérios de seleção</td><td>7 Critérios de classificação</td></tr>
<tr><td>Inclusão:
não estar enquadrado em algum critério de exclusão.
Exclusão:
não é um artigo científico;
não enfatiza a temática proposta;
não está redigido nos idiomas estabelecidos;
não foi publicado no período de interesse;
não pertence às área de pesquisa.</td><td>Quadro 2 na seção2.3</td></tr>
</table>

Fonte: Os autores

[3] https://parsif.al

2.2 Buscas e seleção dos artigos

Com base no protocolo, foram realizadas as buscas nas bases de pesquisa, utilizando os filtros disponíveis nas respectivas bases. Os dados dos artigos foram exportados das bases, em formato *BibTeX*, e importados para o *Parsifal*.

A seleção dos artigos consistiu na leitura dos *abstracts* e na aplicação dos critérios de inclusão e exclusão. A seleção resultou em 46 aprovações e 147 reprovações (Tabela 1).

Tabela 1 – Relação de artigos aprovados e reprovados

Base	Obtidos	Aceitos	Excluídos
ASCE	05	01	04
Emerald Insight	20	05	15
Proquest	38	10	28
ScienceDirect	92	26	66
SpringerLink	16	03	13
Taylor & Francis	17	01	16
Web of Science	3	00	03
Wiley Online	2	00	02
Total	**193**	**46**	**147**

Fonte: Os autores

Das reprovações, 28 eram artigos de revisão de literatura; 87 não enfatizavam o tema proposto; 02 não foram publicados no período estabelecido; 01 não pertencia a área de pesquisa determinada; 18 não se enquadravam no tipo de artigo proposto; e 11 estavam duplicados. As pesquisas aprovadas podem ser consultadas a partir deste *link*.

2.3 Classificação dos artigos

Para esta etapa, foi necessária realizar a leitura completa dos artigos captados. A classificação dos artigos foi realizada em função dos interesses desta pesquisa, sendo definidos seis enfoques principais, nos quais os artigos obtidos foram enquadrados, conforme definido no Quadro 2.

Quadro 2 – Enfoques de pesquisa

Enfoque	Descrição da abordagem
Análise e simulação energética (1)	Utilização de ferramentas para análise e simulação energética
Avaliação do ciclo de vida (2)	Utilização de métodos de avaliação do ciclo de vida das edificações
Certificação e etiquetagem (3)	Automação da certificação e etiquetagem de eficiência energética
Gestão de dados (4)	Tratamento de dados BIM (*e.g.* extração da informação de modelos)
Gestão de energia (5)	Gestão de energia (*e.g.* monitoramento e análise do consumo energético do ambiente construído)
Otimização de projeto (6)	Utilização de métodos e ferramentas para ampliar a eficiência energética na fase inicial de projeto (*e.g.* otimização multiobjetivo)

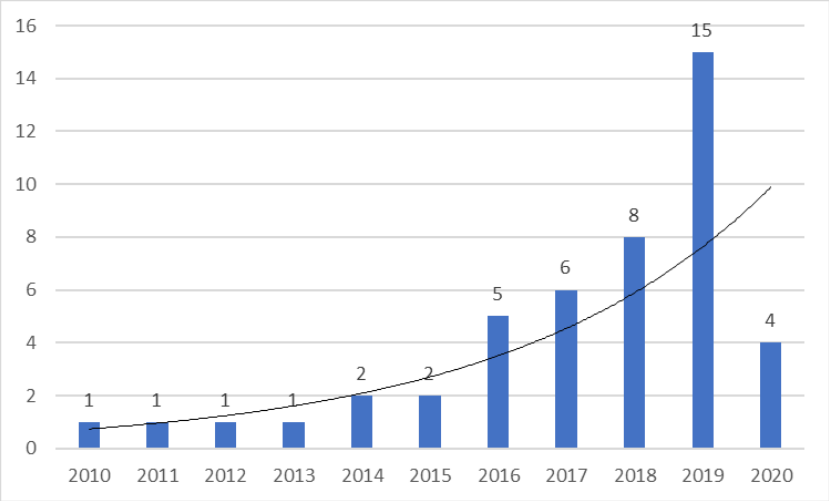
Fonte: Os autores

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Classificação dos artigos por ano

A distribuição do número de publicações por ano é apresentada pelo Gráfico 1.

Gráfico 1 – Número de publicações por ano



Fonte: Os autores

É nítido que o número de publicações está aumentado exponencialmente. Ou seja, a temática abordada nesta RSL está em ascensão. Para esta analogia, não é possível considerar as publicações de 2020, visto que este é o ano atual.

3.2 Classificação dos artigos por periódico

O número de artigos publicados por periódico é demonstrado pela Tabela 2. Também são demonstradas as classificações Qualis, CiteScore e o Fator de Impacto (FI) dos periódicos.

Tabela 2 – Relação de artigos aprovados por periódico

Base	Periódico	Artigos	Qualis	CiteScore	Fator de Impacto
ASCE	*Journal of Computing in Civil Engineering*	01	-	3.26	2.554
Emerald Insight	*Built Environment Project and Asset Management*	01	B2	1.67	-
	Construction Innovation	01	-	2.26	-
	Facilities	01	-	1.47	-
	International Journal of Building Pathology and Adaptation	01	-	1.41	-
	Management of Environmental Quality	01	B3	1.40	-
Proquest	*Advances in Civil Engineering*	01	-	1.16	1.104
	Buildings	01	-	2.26	-
	Built Environment Project and Asset Management	01	B2	1.67	-
	Energies	04	-	3.18	2.707
	Engineering, Construction and Architectural Management	01	-	2.51	1.561
	International Journal of Electrical and Computer Engineering	01	-	1.63	-
	Journal of Environmental Engineering and Landscape Management	01	-	2.03	-
ScienceDirect	*Applied Energy*	04	A1	9.54	8.427
	Automation in Construction	03	A1	6.35	4.313
	Building and Environment	03	A1	5.60	4.820
	Energy	01	A1	6.20	5.537
	Energy and Buildings	06	A1	5.36	4.495
	Journal of Building Engineering	02	B2	3.06	2.378
	Journal of Cleaner Production	02	A1	7.32	6.395
	Sustainable Cities and Society	05	-	5.22	4.624
SpringerLink	*KSCE Journal of Civil Engineering*	03	B2	1.56	1.428

Taylor & Francis	*Building Research & Information*	01	A1	3.54	3.744

Fonte: Os autores

Embora o número de periódicos seja relativamente amplo (22), 56,5% dos artigos pertencem a uma única base, a ScienceDirect. Logo, esta base é a mais relevante para a temática proposta nesta RSL.

Analisando a quantidade e as classificações dos periódicos por base, é possível afirmar que as duas bases com maiores números de publicações aceitas (ScienceDirect e Proquest) são, também, as que possuem os periódicos mais conceituados e citados por outras pesquisas.

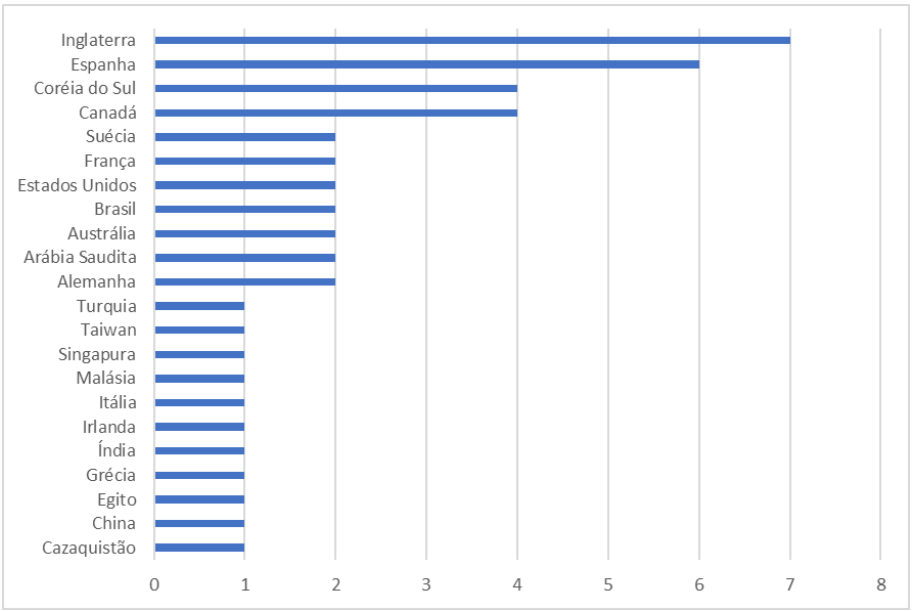
Um aspecto observado é que os periódicos com o maior número de publicações (Energies, Applied Energy, Energy and Buildings e Sustainable Cities and Sociey) apresentam escopos semelhantes, diretamente vinculados ao tema da eficiência energética e da otimização do uso de fontes energéticas.

Existem algumas diferenças entre os periódicos. Energies e Applied Energy possuem maior foco em sistemas e recursos energéticos, sendo as edificações um tema secundário. O periódico Energy and Buildings apresenta foco em eficiência energética diretamente no contexto dos edifícios. Sustainable Cities and Society é semelhante ao periódico Energy and Buildings, mas apresenta um foco maior para a sustentabilidade, sendo mais abrangente.

3.3 Classificação dos artigos por país

O número de publicações por país onde as pesquisas foram realizadas é apresentado no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Relação de artigos publicados por país



Fonte: Os autores

Nos últimos dez anos, 22 países realizaram estudos no tema proposto. Entre esses, os maiores destaques são: Inglaterra (7), Espanha (6), Coréia do Sul (4) e Canadá (4). É plausível que muitos países presentes no Gráfico 2 sejam europeus, visto que esse

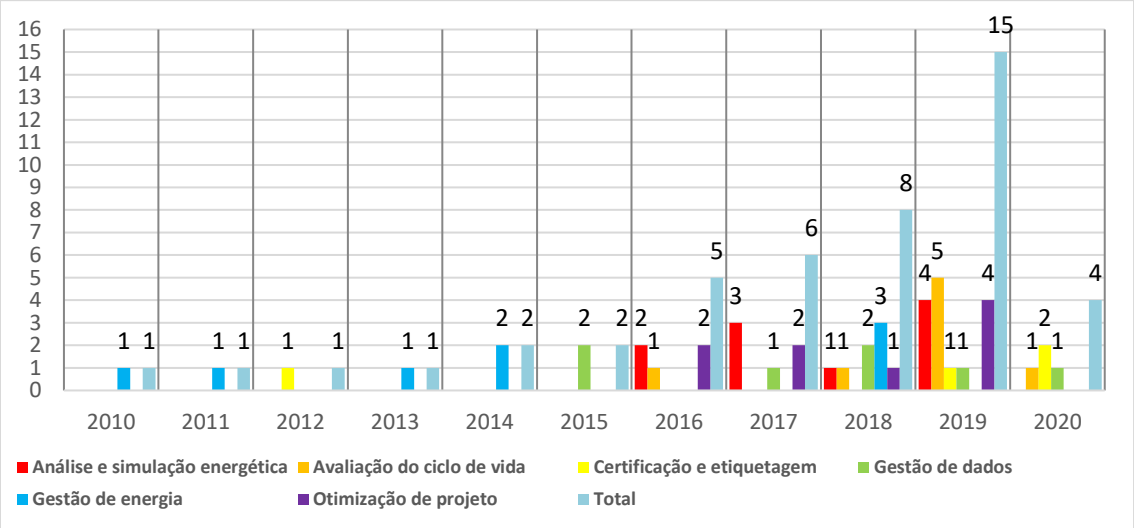
continente lidera as iniciativas BIM e o desenvolvimento de medidas de eficiência energética em edificações (ALAZMEH; UNDERWOOD; COATES, 2018; CHEN, 2019).

Cabe destacar que duas das pesquisas desta RSL, Najjar et al. (2019) e Sartori e Calmon (2019), são originadas do Brasil. Em ambas as pesquisas, BIM foi utilizado com enfoque na avaliação do ciclo de vida do edifício e abordaram a certificação do PBE Edifica para a tipologia residencial.

3.4 Classificação dos artigos por enfoque de pesquisa

A classificação dos artigos foi realizada a partir do agrupamento por semelhança (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Classificação por enfoque e ano de publicação



Fonte: Os autores

Com base no Gráfico 3, é possível afirmar que todos os enfoques apresentados possuem certo equilíbrio na quantidade de publicações. A "Certificação e etiquetagem" é o único enfoque que possui menos publicações, entretanto é apontado como uma tendência futura (SARTORI; CALMON, 2019; HARTER et al., 2020). Até o ínicio de fevereiro de 2020, período em que foram encerradas as captações de artigos nas bases, o número de publicações com enfoque em "Certificação e etiquetagem" já se igualaram ao número de publicações nos anos anteriores, com o mesmo enfoque.

4 CONCLUSÕES

A partir desta RSL foi possível concluir que a inserção de BIM na eficiência energética em edificações é muito recente, apresentando um crescimento exponencial nos últimos anos. Além disso, com base nos enfoques de pesquisa, foi identificado como os temas estão sendo associados pela comunidade acadêmica.

Os artigos mais recentes demonstram que os benefícios da associação entre os dois temas abordados nesta RSL serão: a interoperabilidade entre BIM e a simulação energética; e a automação na checagem de requisitos de projeto, tanto para certificações e etiquetas de eficiência energética, quanto para outras disciplinas de projeto.

Esta análise bibliométrica é a primeira etapa da RSL para o desenvolvimento de um estudo mais qualitativo sobre os temas aqui abordados. Na próxima etapa da pesquisa, serão dissertadas de forma detalhada as publicações aceitas na RSL.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ALAZMEH, N.; UNDERWOOD, J.; COATES, P. Implementing a BIM collaborative workflow in the UK construction Market. **International Journal of Sustainable Developent and Planning**, v. 13, n. 1, p. 24-35, 2018.

BRASIL. Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020. Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling – Estratégia BIM BR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Brasília: **Diário Oficial da União**. 2020.

_____. Instrução Normativa SLTI/MP nº 2, de 4 de junho de 2014. Dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional, e uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam retrofit. Brasília: **Diário Oficial da União**. 2014.

CHEN, S. Y. USE OF GREEN BUILDING INFORMATION MODELING IN THE ASSESSMENT OF NET ZERO ENERGY BUILDING DESIGN. **Journal of Environmental Engineering and Landscape Management**, v. 27, n. 3, p. 174-186, 2019.

DIXIT, M.; CULP, C.; FERNANDEZ-SOLIS, J.; LAVY, D. Reducing carbono footprint of facilities using a facility management approach. **Facilities**, v. 34, n. 3/4, p. 247-259, 2016.

GOUGH, D.; OLIVER, S.; THOMAS, J. **An introduction to systematic reviews**. London: Sage Publications, 2012.

HARTER, H.; SINGH, M. M.; SCHNEIDER-MARIN, P.; LANG, W.; GEYER, P. Uncertainty Analysis of Life Cycle Energy Assessment in Early Stages of Design. **Energy and Buildings**, v. 208, 2020.

NAJJAR, M.; FIGUEIREDO, K.; HAMMAD, A. W. A.; HADDAD, A. Integrated optimization with building information modeling and life cycle assessment for generating energy efficient buildings. **Applied Energy**, v. 250, p. 1366-1382, 2019.

NUNES, G. H.; LEÃO, M. Estudo comparativo de ferramentas de projetos entre o CAD tradicional e a modelagem BIM. **Revista de Engenharia Civil**, n. 55, p. 47-61, 2018.

OHLWEILER, L. E.; SANTOS, M. M.; SILVA, A. C. S. B.; POUEY, J. A.; FERREIRA, V. S. EXTRAÇÃO DE DADOS DE PROJETO EM BIM PARA ETIQUETAGEM DE EDIFÍCIOS. In: Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 11., Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 15., 2019, João Pessoa. **Anais** [...]. João Pessoa: ANTAC, 2019.

PARSIFAL. **Perform Systematic Literature Reviews**. Disponível em: < https://parsif.al>. Acesso em: 13 mai. 2020.

SARTORI, T.; CALMON, J. L. Analysis of the impacts of retrofit actions on the life cycle energy consumption of typical neighbourhood dwellings. **Journal of Building Engineering**, v. 21, p. 158-172, 2019.

TORREGROSA-JAIME, B.; GONZÁLEZ, B.; MARTÍNEZ, P. J.; PAYÁ-BALLESTER, G. Analysis of the Operation of an Aerothermal Heat Pump in a Residential Building Using Building Information Modelling. **Energies**, v. 11, n. 7, 2018.