Indústria 5.0: Oportunidades e Desafios para Arquitetura e Construção

13º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção e 4º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção

ARACAJU-SE | 08 a 10 de Novembro

# [1] TESES BRASILEIRAS SOBRE BIM: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Brazilian Theses: a systematic literature review

**Sandra Albino Ribeiro**
Universidade Federal do Rio Grande do Norte | Natal, RN | sandra.albino.052@ufrn.edu.br

**Heitor de Andrade Silva**
Universidade Federal do Rio Grande do Norte | Natal, RN | andrade.silva@ufrn.br

## RESUMO

O uso das tecnologias informacionais no processo de projeto tem sido estudado há pelo menos três décadas no território nacional. O aumento significativo no volume de dados que precisa ser incorporado ao projeto arquitetônico, a exigência de construções com melhores desempenho e de soluções geradas com base em processos colaborativos têm impulsionado ainda mais investigações dessa natureza. Nesse contexto, o uso do *Building Information Modeling* tem se ampliado no Brasil, entre vários fatores, o surgimento de normas e leis, como a normativa ISO NBR 19650 (2022) e o Decreto Federal Nº 10.306/2020. O artigo tem o objetivo de analisar o panorama gráfico das teses que abordam o BIM no processo projetual de Arquitetura publicadas no Brasil até o ano de 2022. Foi realizada uma revisão da literatura. Os resultados mostram questões que estão abertas, oportunidades de pesquisa e reforçam que investigações sobre o BIM e o projeto arquitetônico, ainda, é um campo fértil de pesquisa. Os dados apontam que o interesse da comunidade científica sobre o assunto cresceu ao longo dos tempos.

**Palavras-chave:** *Building Information Modeling*; BIM; Revisão Sistemática da Literatura; Teses; Projeto arquitetônico.

## ABSTRACT

*The use of information technologies in the design process has been studied for at least three decades in the national territory. The significant increase in the volume of data that needs to be incorporated into architectural design, the demand for buildings with better performance and solutions generated based on collaborative processes have driven even more investigations of this nature. In this context, the use of Building Information Modeling has expanded in Brazil, among several factors, the emergence of standards and laws, such as the ISO NBR 19650 (2022) and Federal Decree No. 10.306/2020. The article aims to analyze the graphic overview of theses that address BIM in the architectural design process published in Brazil until the year 2022. A literature review was carried out. The results show open questions, research opportunities and reinforce that investigations about BIM and architectural design are still a fertile field of research. The data indicate that the interest of the scientific community on the subject has grown over time.*

**Keywords:** *Building Information Modeling; BIM; Systematic Literature Review (SLR); Theses; Architectural Design.*

## 1 INTRODUÇÃO

A década de 1960 é marcada por uma série de transformações sociais, culturais, políticas, econômicas e tecnológicas. Entre elas, destacam-se a corrida espacial, a consolidação do modelo abstrato iniciado na máquina de Turing, o surgimento do capitalismo tardio e da sociedade de consumo, a popularização dos eletrônicos, a militância pelos direitos humanos e pelo fim da privação dos direitos das minorias, a emergência da questão ambiental, uma maior difusão de informação por meio de revistas e da televisão, bem como o surgimento de novas correntes filosóficas entre outras mudanças importantes (NESBITT, 2006).

Como reflexo desse contexto ocorreu um expressivo crescimento de críticas à ideologia do modernismo, que se mostrou em dissonância com essas mudanças (NESBITT, 2006). Nesse sentido surgiram várias tendências e campos que mudaram a maneira de pensar, fazer e ensinar a Arquitetura. Um exemplo é o aparecimento de pesquisas com o intuito de compreender as operações mentais na concepção de projeto. Inicialmente, foram construídos mapas que revelariam a sequência de atividades dos projetistas, sendo a mais conhecida a tríade Análise, Síntese e Avaliação (ANDRADE; RUSCHEL; MOREIRA, 2011). Emergiram também investigações sobre o uso do computador na disciplina, em que foram realizados experimentos e descritos postulados que, ao longo do tempo, fomentaram a base teórica para o desenvolvimento de diversos

[1] RIBEIRO, S.A; SILVA, H. A. Teses brasileiras sobre BIM: uma revisão sistemática da literatura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 4., 2023, Aracaju. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2023.

campos de conhecimentos, alguns dos quais agrupados em siglas como o BIM (*Building Information Modeling*) e o CAAD (*Computer Aided Architectural Design*).

Embora os estudos sobre o papel do computador no ofício do arquiteto tenham sido realizados há algum tempo, somente em meados dos anos 1980 é que as tecnologias informacionais começaram a ser gradualmente incorporadas à rotina dos escritórios de Arquitetura e, consequentemente, no processo de projeto. Nessa época, é interessante mencionar o lançamento de softwares como o AutoCAD da Autodesk (em 1983) e o Archicad da Graphisoft (em 1987). No Brasil, a adoção das tecnologias informacionais levou mais tempo. Somente a partir de meados dos anos 1990, devido à abertura do país às importações de produtos de informática, que os computadores começaram a ser usados progressivamente nos escritórios e considerados nos novos projetos pedagógicos dos cursos da área de projeto e construção de edifícios. Isso levou ao surgimento de novos componentes curriculares, muitas vezes obrigatórios, como é o caso da disciplina de Informática Aplicada nos cursos de Arquitetura (COSTA, 2013).

Depois de duas décadas do século XXI, o expressivo crescimento de *softwares*, *hardwares*, redes e outros dispositivos tecnológicos levou à formação da, comumente referida, 4ª Revolução Industrial, também conhecida como Indústria 4.0. Esse cenário traz consigo uma tendência disruptiva e se manifesta, especialmente, por meio de aplicações inovadoras como Inteligência Artificial, Internet das Coisas, *Big Data*, *Blockchain, entre* outras. Algumas publicações (BARROS; RUSCHEL, 2019; BRÍGITTE, 2019; MACHADO; RUSCHEL, 2019) consideram o BIM um meio compatível para o uso dessas aplicações, portanto, um caminho para introduzir essas tecnologias digitais na Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação de edifícios (AECO).

À luz desse panorama, este artigo tem o objetivo de analisar o panorama gráfico das teses que abordam o BIM no processo projetual de Arquitetura publicadas no Brasil até o ano de 2022. Foram observados os contextos em que o *Building Information Modeling* está efetivamente contribuindo para o processo de projeto, além de vislumbrar futuras pesquisas nesse campo do conhecimento. O trabalho se propõe responder à seguinte questão: Quais as características (regiões, instituições, temas) do crescimento das teses que têm o BIM como objeto de estudo no Brasil?

Outras investigações recentes assumiram propósitos similares ao desta pesquisa como a de Checcucci (2019), que apresenta um quadro sobre as teses e as dissertações publicadas no Brasil entre 2013 e 2018, todavia ela tem como enfoque o levantamento de trabalhos que tratam das questões relacionadas ao ensino e à aprendizagem do BIM. Ao todo, essa autora encontrou 143 trabalhos, sendo 12 voltados ao campo de ensino (4 de doutorado e 8 de mestrado) e 57 publicações, quase 40% da amostra, contemplam a área de projeto. Dessa porção, apenas 15 trabalhos se dedicaram efetivamente ao processo projetual em BIM, 14 alinham-se às questões de conforto e sustentabilidade e 28 discutem sobre a adoção do BIM em projetos realizados no país, sejam eles de arquitetura ou de outras disciplinas.

É válido acrescentar que o artigo é produto de doutorado em andamento no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - PPGAU/UFRN. A tese contempla os eixos temáticos BIM, Métodos de análises e Resiliência no Ambiente Construído, e se articula com a pesquisa PVG 15567-2018 “Métodos de análises e de desenvolvimento de projetos de arquitetura na contemporaneidade”, desenvolvida no Grupo de Pesquisa em Projeto de Arquitetura e Percepção do Ambiente (Grupo Projetar), coordenada pelo doutor Heitor de Andrade Silva[2]. Propõe-se discutir métodos de desenvolvimento e análise de projetos arquitetônicos contemporâneos (na escala do edifício), por meio de revisão de literatura em âmbito internacional.

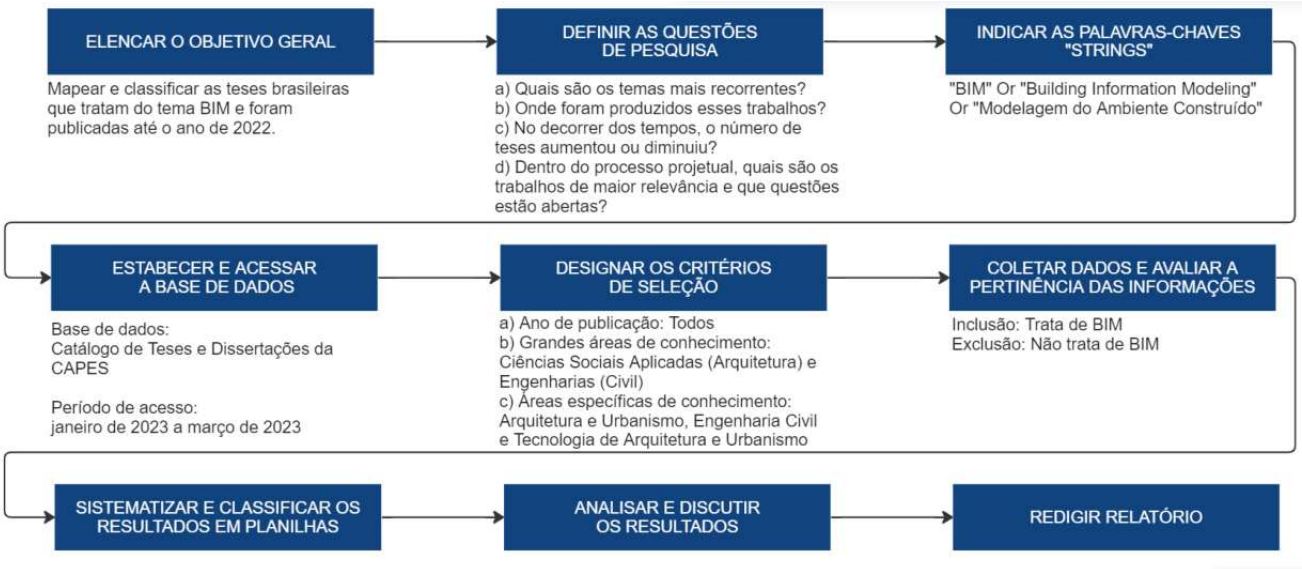
## 2 MÉTODO DA PESQUISA

A revisão sistemática da literatura consiste em uma estratégia de pesquisa para revelar as lacunas e as publicações relevantes sobre um determinado campo de conhecimento. De acordo com Kowaltowski *et al*. (2015), trata-se de um procedimento importante, visto que, entre outras razões, pode evitar a repetição de pesquisas e fomentar novos insights. Para realizar essa ação foi traçado um plano, conforme visto na Figura 1, que é baseado em algumas das etapas indicadas por Jesson, Matheson e Lacey (2011). São elas: (1) elencar o objetivo geral; (2) definir a(s) pergunta(s) norteadoras da pesquisa; (3) indicar as palavras-chaves ou *strings* de busca; (4) estabelecer e acessar a base de dados; (5) designar os critérios de seleção; (6) coletar e avaliar a relevância dos dados através do exame do título, do resumo, das palavras chaves e, se for o caso, do conteúdo descrito em toda ou em parte da publicação, a partir disso selecionar os arquivos

[2] Professor adjunto do Departamento de Arquitetura da UFRN.

pertinentes ao mapeamento e descrever os motivos de exclusão; (7) sistematizar e classificar os resultados em planilha; (8) analisar e discutir os resultados; (9) redigir um relatório imparcial e abrangente que permita a outros pesquisadores replicarem o método e utilizarem os resultados.

**Figura 1:** Diagrama com os passos do método




**Fonte**: Autores

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a etapa de coleta de dados no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES foram encontrados 53 trabalhos a partir do uso concomitante das palavras-chaves "BIM", "*Building Information Modeling*" e "Modelagem do Ambiente Construído". Todavia após a avaliação dos títulos, resumos e palavras chaves 15 estudos foram excluídos por não apresentarem relação com o tema da pesquisa. Um desses trabalhos, por exemplo, tratava de estudos sobre tilápias e um outro sobre o ciclo de vida do óleo. Cabe destacar que o acrônimo BIM não é exclusivo do *Building Information Modeling,* ele representa outras terminologias como *Barbados Insulin Matters*. Após a definição da amostra, iniciou-se a etapa de sistematização e classificação, utilizando as categorias: ano da tese; instituição; campo de conhecimento; e região. Todavia foram empregadas também as categorias conceituais propostas por Checcucci (2019), ou seja, (a) Ensino, (b) Avaliação de BIM, (c) Implantação, (d) Projetação, (e) Obra, (f) Orçamento, (g) Usos por terceiros, (h) Pós-Obra, (i) BIM +. O Quadro 1 mostra a descrição de cada item.

Baseado na compilação dos dados, foi possível traçar um panorama gráfico que mostra o crescimento do número de teses ao longo dos tempos. Embora tenha sido identificada apenas uma publicação no ano de 2022, conforme visto no Gráfico 1, isso não significa que somente uma defesa tenha ocorrido sobre o assunto nesse ano. É prática frequente dos programas que depois da defesa ainda exista um tempo para incorporar recomendações das bancas e depósito. É importante ressaltar que esta pesquisa foi elaborada em 2023, quando as atualizações do Catálogo ainda estavam em curso. Com relação às datas de publicação, observa-se que as primeiras teses foram realizadas entre 2012 e 2013, tendo como objetivos: (1) formular uma estrutura conceitual de processo de projeto digital que explique a prática de Projeto Performativo (ANDRADE, 2012); (2) avaliar se os *softwares* de modelagem BIM podem ser utilizados como meios eficientes de ensino do projeto arquitetônico nas faculdades brasileiras (CAIXETA, 2013); (3) desenvolver uma estrutura conceitual para a gestão do processo de projeto com o uso do BIM (MANZIONE, 2013).

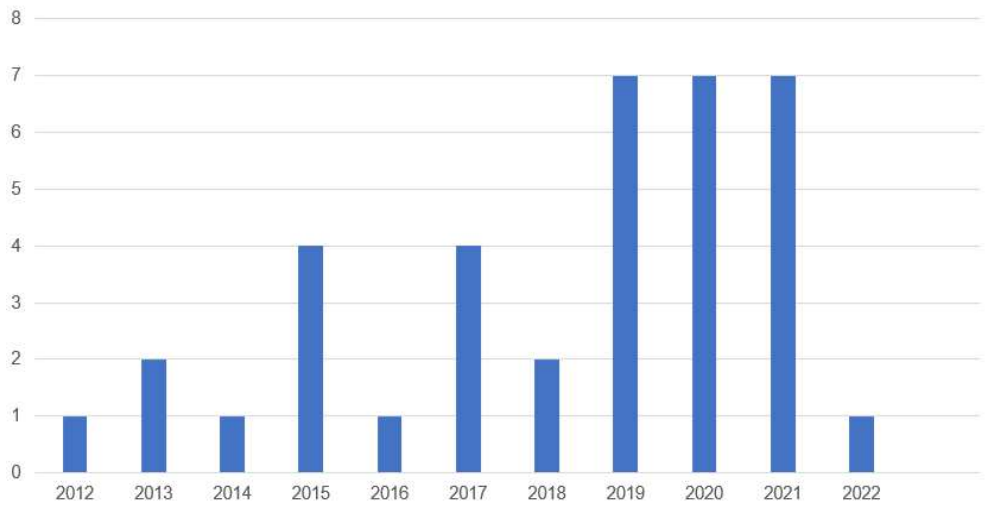
Quanto às instituições de ensino, é possível verificar os locais que detém mais defesas são, em ordem decrescente de número, a USP, UNICAMP, UNB, UFBA e UFSC, conforme indicado no Gráfico 2. As regiões sudeste e sul, como exposto no Gráfico 3, retém 74% da produção. A região Norte não apresenta publicações sobre o assunto, no centro-oeste apenas a UNB sediou defesas e no Nordeste a UFBA é responsável pela maior parte da produção. Comparando com esses dados com os apresentados por Checcucci (2019) verifica-se que o sul-sudeste, em especial as capitais e grandes cidades, continua liderando as pesquisas, mostrando assim a necessidade de difundir e interiorizar o BIM em outras regiões do país.

**Quadro 1:** Categorias Conceituais

| ITEM | CATEGORIA | DESCRIÇÃO |
|---|---|---|
| a | Ensino | Investigações que tratam de disciplinas que adotam a modelagem; experiências de implantação em cursos e outras questões relacionadas com o ensino e aprendizagem de BIM |
| b | Avaliação do BIM | Pesquisas que discutem vantagens e desvantagens da modelagem; de suas ferramentas; interoperabilidade entre programas; fazem comparativos com métodos tradicionais de trabalho e uso de ferramentas CAD; estudam adoção no mercado da Construção Civil etc |
| c | Implantação | Trabalhos que tratam de adoção de BIM em empresas; formas de contratação; *Integrated Project Delivery (IPD)* e temas correlatos. |
| d | Projetação | Trabalhos que tratam desta etapa do ciclo de vida da edificação. Dentro desta categoria, os textos foram classificados como:<br>(d.1) Gestão: pesquisas que discutem gestão, coordenação, compatibilização e/ou colaboração multidisciplinar no projeto.<br>(d.2) Conforto e sustentabilidade: aqueles que tratam de questões projetuais relacionadas com a melhoria do ambiente construído, redução de resíduos, de gasto energético, otimização da edificação etc.<br>(d.3) Aplicação: os que tratam de experiências em projetos específicos e trabalhos que discutem adoção de BIM em projetos de arquitetura, infraestrutura, estrutura, saneamento, habitação de interesse social, projeto hidráulico, aeroportuário dentre outros. |
| e | Obra | Trabalhos que tratam do planejamento, da gestão, do controle da construção e da simulação do canteiro de obra |
| f | Orçamento | Pesquisas que tratam de extração de quantitativos, de estimativa de custos e definição de orçamento de obra com BIM |
| g | Usos por terceiros | Pesquisas que tratam do uso do BIM por entidades públicas ou de avaliação para, por exemplo, analisar o projeto para licitação, aprovar em órgãos públicos, obter certificação ambiental, fiscalizar obras, dentre outros. |
| h | Pós-Obra | Trabalhos que discutem questões relacionadas com o pós-obra, gestão, operação, manutenção da edificação e/ou *Facility Management (FM).* |
| i | BIM + | Nesta categoria foram classificados trabalhos centrados na discussão da relação ou integração de BIM com outras tecnologias como Realidade Aumentada (RA) ou Virtual (RV), modelos de nuvens de pontos, Internet das Coisas (IoT), sistemas generativos de modelagem geométrica, fabricação digital etc. |

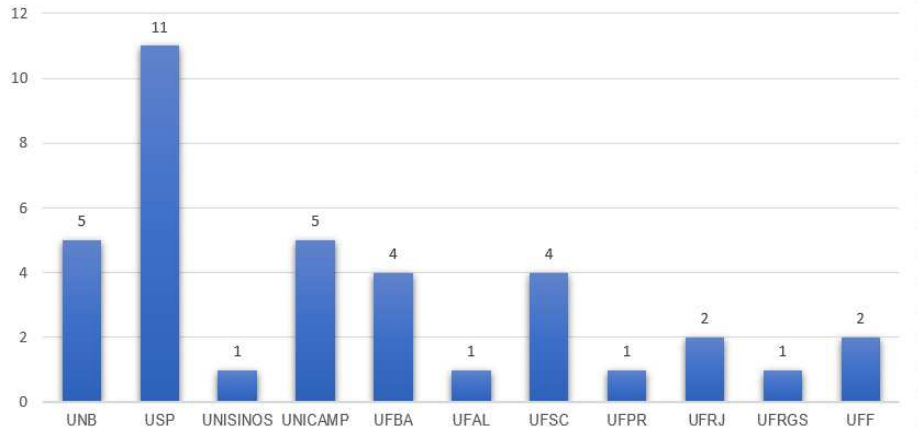
**Fonte**: Checcucci (2019). Nota: Modificado pelos autores

**Gráfico 1:** Número de teses por ano



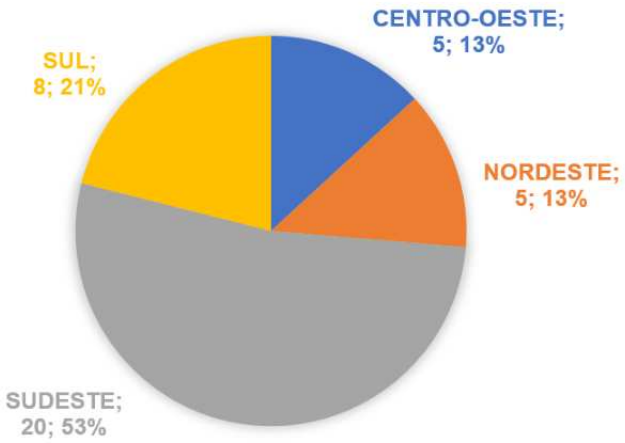

**Fonte**: Autores

**Gráfico 2:** Número de trabalhos por instituição de ensino




**Fonte**: Autores

**Gráfico 3:** Percentual de teses por região

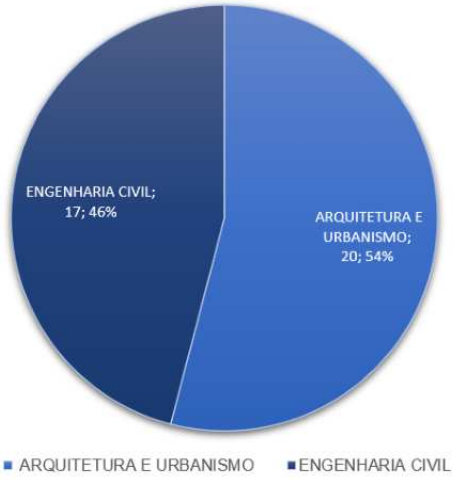



**Fonte**: Autores

Ao analisar as áreas específicas, como visto no Gráfico 4, nota-se quase uma equidade entre as áreas de Engenharia Civil (46%) e Arquitetura e Urbanismo (54%). Esse fato reforça um dos conceitos mais difundidos pela literatura de que o BIM é um paradigma e uma nova metodologia de trabalho pautada em processos, políticas e tecnologias efetivadas nas áreas de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação do Edifício (AECO) e pretende desenvolver a modelagem virtual da obra e através dela promover a integração, a colaboração e a comunicação de modo interoperável entre os diversos membros da equipe. Nessa perspectiva, o BIM é visto como uma considerável inovação da indústria da construção civil, não se resumindo, apenas, a um *software, que* favorece a integração simultânea de diferentes fontes durante o processo de projeto (SUCCAR, 2009; EASTMAN et al, 2011; ANDRADE; RUSCHEL, 2011; SUCCAR; KASSEM, 2015; CHECCUCCI, 2019).

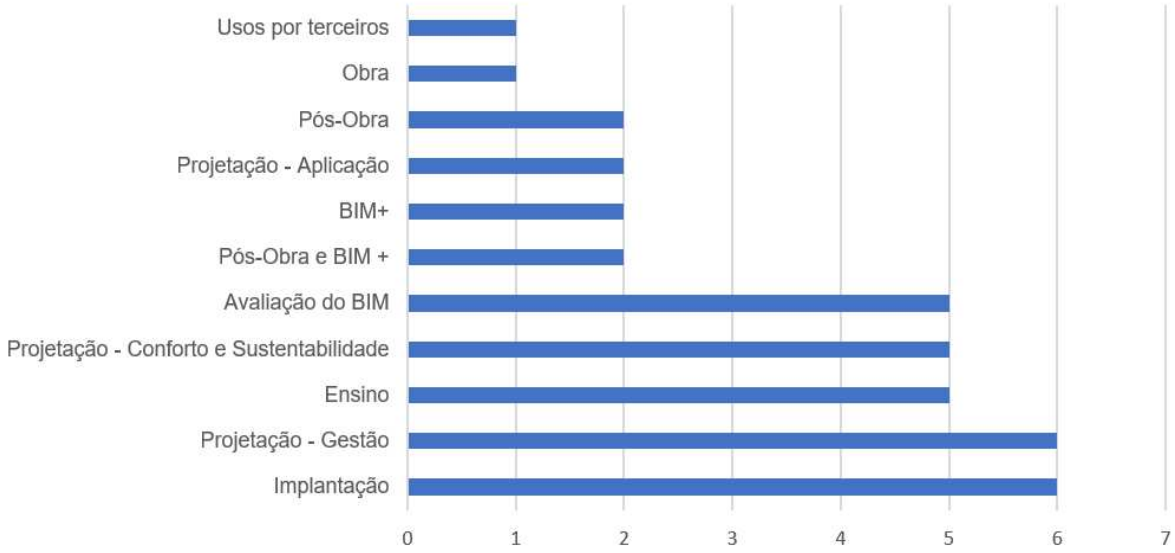
Ao final da apreciação, os trabalhos encontrados foram separados pelas categorias conceituais e ordenados de modo crescente, conforme visto no Gráfico 5. Assim foi possível averiguar os assuntos com mais e menos incidência. O tema de projetação é o mais recorrente, considerando a soma das suas subcategorias (aplicação, conforto e sustentabilidade, e gestão), seguido pela implantação, ensino e avaliação do BIM. Os assuntos: Obra e Uso por Terceiros são os menos frequentes. Dois trabalhos enquadram-se em duas categorias distintas (Pós-Obra e BIM+) e nota-se que não há teses sobre Orçamento. Contrapondo os resultados com os de Checcucci (2019), observa-se que as categorias Implantação e Avaliação tiveram as maiores expansões - o número de trabalhos aumentou em cinco vezes. Em seguida, apresentam-se as categorias Pós-Obra e BIM+ em que o número de teses foi triplicado, já as demais categorias tiveram pouca ou nenhuma ampliação. Durante a análise percebeu-se que as palavras colaboração e desempenho se destacam, visto que aparecem com certa frequência em títulos, resumos e palavras chaves, independente da categoria.

**Gráfico 4:** Distribuição de trabalhos por área específica




**Fonte**: Autores

**Gráfico 5:** Teses ou Categorias conceituais




**Fonte**: Autores

Após a classificação dos resultados foram elencados os trabalhos da categoria projetação, em especial, as subcategorias aplicações, conforto e sustentabilidade, visto que elas poderiam abordar com mais afinco o processo de projetação na Arquitetura. Em seguida, foram realizadas mais algumas análises que são descritas no item a seguir.

## 4 PROJETAÇÃO: APLICAÇÕES, CONFORTO E SUSTENTABILIDADE

Foram encontradas seis teses, conforme visto no Quadro 2, dos quais dois enquadram-se na subcategoria aplicação e quatro no conforto e sustentabilidade. Os trabalhos acadêmicos levantados apresentam soluções inovadoras e o desenvolvimento de artefatos por meio do uso de recursos BIM para auxiliar as tomadas de decisão na fase de concepção do projeto arquitetônico e para promover a qualidade do ambiente construído. Nota-se que três teses apresentam a integração de ferramentas BIM com a programação computacional (ver itens 1,3 e 4 do Quadro 2). Tratam-se de pesquisas recentes, que podem confirmar uma tendência vista em outros trabalhos (BROWN, 2020; CAVALLIERE et al, 2019), os quais compreendem que através da associação do BIM e da programação é possível aumentar a produtividade, potencializar o processo criativo e realizar outras aplicações como aprendizado de máquina (ou *Machine Learning*, em inglês).

**Quadro 2:** Teses selecionadas da categoria projetação

| ITEM | AUTORES E ANO | SUBCATEGORIA | TÍTULO |
|---|---|---|---|
| 1 | Brígitte (2019) | Aplicação | Parâmetros de projeto, BIM e aprendizado de máquina no suporte à decisão projetual |
| 2 | Logsdon (2019) | | Qualidade Habitacional: Instrumental de apoio ao projeto de moradias sociais |
| 3 | Oliveira (2019) | Conforto e Sustentabilidade | Desenvolvimento de ferramenta BIM para avaliação prescritiva de eficiência energética integrada ao processo de projeto |
| 4 | Gonçalves (2018) | | Automatização do fluxo de informações dentro do processo BIM com foco na avaliação do desempenho térmico, acústico e o custo das decisões projetuais |
| 5 | Marques (2017) | | A Análise Ambiental em Diálogo com a Ferramenta BIM. |
| 6 | Marcos (2015) | | Método de obtenção de dados de impactos ambientais, durante o processo de desenvolvimento do projeto, através do uso de ferramenta BIM |

**Fonte**: Autores

Após um exame sobre esses trabalhos foram levantados os artigos derivados deles. Definiu-se como recorte temporal os últimos cinco anos, ou seja, o período de 2018 a 2022, foram selecionadas apenas as publicações em revistas nacionais com conceito A e foram consideradas as seguintes bases de pesquisa: o portal Scielo, Portal de Periódico Capes, Google Acadêmico e *Researchgate*. Os resultados dessa ação são vistos no Quadro 3, sendo encontrados os seguintes resultados: Logsdon (2019) aparece com o maior número de publicações, seguida de Brígitte (2019) e de Oliveira (2019). Além disso, observa-se que as duas primeiras autoras possuem o mesmo objeto de estudo, no caso, a habitação social.

**Quadro 3:** Publicações derivadas das teses

| AUTORES E ANO | PERIÓDICO | ANO | ANO E TÍTULO DOS ARTIGOS |
|---|---|---|---|
| Logsdon (2019) | PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção | 2017 | Flexibilidade em projetos de arquitetura: contribuições a partir de uma revisão sistemática da literatura |
| | Arquitetura Revista | 2019 | Funcionalidade e mobiliário da habitação: contribuições para o projeto de moradias sociais |
| | Ambiente Construído | 2020 | Instrumentos associados de apoio ao processo de projeto de moradias sociais |
| Brígitte (2019) | Gestão e Tecnologia de Projetos | 2020 | Operacionalização de parâmetros de projeto por meio do enriquecimento semântico em modelos BIM de habitação de interesse social |
| | PIXO | 2021 | Projeto, padrões e tecnologia: Da linguagem de Alexander à programação e inteligência artificial |
| Oliveira (2019) | PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção | 2020 | Uma ferramenta BIM para simulação de eficiência energética nas fases iniciais de projeto |

**Fonte**: Autores

Sobre as teses publicadas nos últimos cinco anos, buscou-se saber quais questões estavam abertas e, portanto, quais seriam as sugestões para futuros trabalhos, o resultado dessa ação pode ser visto no Quadro 4. De modo geral, todas as pesquisas convergem para a necessidade de ampliar e aprimorar os artefatos que foram desenvolvidos durante a tese e que o recurso da programação computacional pode possibilitar novos ganhos, especialmente, se associado ao BIM. Com isso, observa-se que o debate sobre os impactos das tecnologias informacionais no processo de projeto não se esgotou e o campo para pesquisas com intuito de associar o BIM com outros recursos é fértil.

**Quadro 4:** Áreas de pesquisa abertas e promissoras

| AUTORES E ANO | SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS |
|---|---|
| Logsdon (2019) | ✓ Aprimorar o conjunto de passos e instrumentos, nomeado de instrumental, que foi desenvolvido na tese. Para tanto indica-se a elaboração de aplicativos, através do uso de programação, para integrar todos os instrumentos no ambiente BIM e para automatizar a verificação dos critérios de funcionalidade e flexibilidade, de modo simultâneo à modelagem;<br>✓ Verificar a possibilidade de incorporar o conceito de verificação automática de regras (code-checking) na checagem das regras relacionadas à funcionalidade e flexibilidade;<br>✓ Avaliar se é possível incluir no instrumental mais requisitos de qualidade, como desenho universal, conforto ambiental, eficiência energética e coordenação modular;<br>✓ Averiguar a viabilidade de inserir no template e nos instrumentos propostos outras disciplinas;<br>✓ Desenvolver estudos que direcionam ao projeto urbanístico da HIS, contemplando os requisitos de qualidade a ele intrínsecos como tamanho dos lotes, usos e áreas comuns;<br>✓ Fomentar pesquisas que direcionam ao projeto do mobiliário junto ao projeto da moradia, o que poderia induzir a novas soluções de flexibilidade espacial. |
| Brígitte (2019) | ✓ Aplicação da pesquisa para outras tipologias;<br>✓ Aprofundamento das análises desenvolvidas na inserção de dados qualitativos em Modelos BIM, através do enriquecimento semântico;<br>✓ Desenvolvimento da metodologia através da substituição dos parâmetros de projeto por levantamentos de APO, programas de projeto, de processos colaborativos de projeto ou outras entradas que considerem aspectos qualitativos indispensáveis ao gerenciamento das informações do projeto;<br>✓ Elaborar novos estudos sobre o Aprendizado de Máquina associado ao processo de tomada de decisão e novas pesquisas que continuem o desenvolvimento de mecanismo para a inserção de dados qualitativos à modelagem BIM desde as etapas iniciais do projeto de arquitetura;<br>✓ Produzir novas investigações que abordam a integração de alternativas digitais promissoras (BIM e Aprendizado de Máquina) e consolidadas (CAD e Sistemas Generativos) e que desenvolvam análises conjuntas de parâmetros qualitativos e quantitativos. |
| Oliveira (2019) | ✓ Oferecer o uso da ferramenta computacional, denominada de IDEEA, que foi desenvolvida durante a tese a outros usuários através de novos cursos e com público variado. A intenção é popularizar o artefato e que sejam levantadas mais sugestões e críticas para o seu aprimoramento;<br>✓ Incluir novas variáveis na análise do desempenho como o custo dos elementos;<br>✓ Atualizar ou formatar a ferramenta IDEEA a fim de tornar sua interface mais amigável, para isso é necessário o aprendizado de uma linguagem de programação escrita (Visual Basic, Visual C++ ou C#), além de um novo processo de criação, com lógicas de funcionalidades diferentes;<br>✓ A construção de uma ferramenta para edifícios comerciais e serviços (RTQ-C) visando auxiliar a integração do desempenho energético a essa tipologia. |
| Gonçalves (2018) | ✓ Aprimorar a ferramenta que foi desenvolvida durante a tese, de modo que seja possível reunir todos os dados em uma mesma plataforma, para tanto sugere-se o uso do modelo BIM acoplado a uma ferramenta de VPL *(Visual Programming Language*)<br>✓ Ampliar a interação de mais métodos avaliativos no mesmo modelo BIM-VPL, importando dados de desempenho de uma planilha de Excel para o modelo BIM e automatizando os componentes passíveis de serem utilizados no modelo;<br>✓ Aplicar a ferramenta para avaliação de edificações existentes, ampliando o escopo para outros usos, para testar a utilidade do fluxo de trabalho com resultados medidos em campo e simulados no computador;<br>✓ Aplicar a ferramenta em projetos maiores e complexos, pois se acredita que com o aumento da complexidade o software exigirá maior poder de processamento do equipamento, podendo comprometer o funcionamento da ferramenta;<br>✓ Aplicar a ferramenta em aulas de graduação para familiarizar os estudantes das potencialidades que a programação visual pode trazer ao processo projetual. |

**Fonte**: Autores, baseados em Logsdon (2019), Brigitte (2019), Oliveira (2019) e Gonçalves (2018)

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão sistemática da literatura sobre as teses publicadas no Brasil até 2022 que contemplam o BIM, desenvolvida com base no Banco de Dados do Catálogo de Teses e Dissertações revelou que a comunidade científica manteve e ampliou o seu interesse pelo tema. O objetivo de analisar o panorama gráfico das teses que abordam o BIM no processo projetual de Arquitetura publicadas no Brasil até o ano de 2022 foi alcançado. Sobre a questão de pesquisa - que consiste em "quais as características (regiões, instituições, temas) do crescimento das teses que têm o BIM como objeto de estudo no Brasil? - observa-se uma concentração considerável de teses nas regiões Sudeste e Sul, particularmente em instituições consolidadas

(USP, UNICAMP etc.), e trabalhos recorrentes nos temas de projetação, implantação e avaliação de BIM. Existe espaço para o desenvolvimento de mais pesquisas e há lacunas, entre elas a carência de estudos que abordem os projetos de instalações e de estrutura, bem como trabalhos voltados ao orçamento e à associação do BIM com outras vertentes como o aprendizado de máquina são alguns exemplos. Por fim, os resultados e as discussões apresentadas não implicam em uma ordem de preferência ou esgotam todas as análises possíveis; possibilitam um olhar mais amplo, que podem ajudar na visualização de tendências e na formulação de novas questões.

## REFERÊNCIAS DAS TESES CITADAS NO MAPEAMENTO

BRÍGITTE, G. T. N. **Parâmetros de projeto, BIM e Aprendizado de Máquina no suporte à decisão projetual**. 2019. Tese (Doutorado em Arquitetura, Tecnologia e Cidade) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.

GONÇALVES, P. H. **Automatização do fluxo de informações dentro do processo BIM com foco na avaliação do desempenho térmico, acústico e o custo das decisões projetuais**. 2018. Tese (Doutorado em Estruturas E Construção Civil) - Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

LOGSDON, L. **Qualidade habitacional:** instrumental de apoio ao projeto de moradias sociais. 2019. Tese (Doutorado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

MARQUES, A. C. A **Análise Ambiental em Diálogo com a Ferramenta BIM**. 2017. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

MARCOS, M. H. C. **Método de obtenção de dados de impactos ambientais, durante o processo de desenvolvimento do projeto, através do uso de ferramenta BIM**. 2015.Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

OLIVEIRA, F. M de. **Desenvolvimento de ferramenta BIM para avaliação prescritiva de eficiência energética integrada ao processo de projeto**. 2019. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, M.; RUSCHEL, R.; MOREIRA, D. O processo e os métodos. IN: KOWALTOWSKI, D. C. C.; MOREIRA, D. C.; PETRECHE, J. R. D.; FABRICIO, M. M. (Orgs). **O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia.** 1. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. cap. 4, p.80-99.

BARROS, N. N..; RUSCHEL, R. C..; SILVA, V. G. da. Esquema conceitual de Internet das Coisas para ACV na fase de uso de edificações. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2., 2019. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2019. p. 1–8. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/144/139> Acesso em: 25 mar. 2023. DOI: 10.46421/sbtic. v2i00.144

BRÍGITTE, G. T. N. **Parâmetros de projeto, BIM e Aprendizado de Máquina no suporte à decisão projetual**. 2019. Tese (Doutorado em Arquitetura, Tecnologia e Cidade) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.

BROWN, N. Design performance and designer preference in an interactive, data-driven conceptual building design scenario. **Design Studies**, v.68, 2020.Disponível em:< https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0142694X20300016> Acesso em: 15 jan. 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.destud.2020.01.001.

CAVALLIERE, C. et al. BIM-based assessment metrics for the functional flexibility of building designs. **Automation in construction**, v. 107. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580518311749> Acesso em: 15 jan. 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102925.

CHECCUCCI, Érica de S. Teses e dissertações brasileiras sobre BIM: uma análise do período de 2013 a 2018. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 10, p. e019008, 2019. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8653708>. Acesso em: 25 mar. 2023. DOI: 10.20396/parc.v10i0.8653708.

COSTA, F. J. de M. **Do modelo geométrico ao modelo físico: o tridimensional na educação do arquiteto e urbanista**. 2013. 235 f. Tese (Doutorado em Conforto no Ambiente Construído, Forma Urbana e Habitação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook**: A guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

JESSON, J.K.; MATHESON, L; LACEY, F.M. **Doing Your Literature Review: Traditional and Systematic Techniques**. Los Angeles: Sage. 2011. p.103-127.

MACHADO, F. A..; RUSCHEL, R. C. Implementação de solução BIM/IoT para suporte à gestão de energia da edificação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2., 2019. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2019. p. 1–6. DOI: 10.46421/sbtic. v2i00.148. Disponível em: < https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/148> Acesso em: 25 mar. 2023. DOI: https://doi.org/10.46421/sbtic.v2i00.148.

NESBITT, Kate (org.). **Uma Nova Agenda para a Arquitetura.** Antologia Teórica 1965-1995. São Paulo: Cosac Naify, 2006. p.15-88.

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.

SUCCAR, B.; KASSEM, M. Macro-BIM adoption: Conceptual structures. **Automation in Construction**, v. 57, n., p. 64-79, 2015