

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE
DO NORTE

DANIELLE STHEFANY SILVA MANIÇOBA

**A APLICAÇÃO DO BUILDING INFORMATION MODELING NA ANÁLISE
ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÃO**

NATAL

2026

DANIELLE STHEFANY SILVA MANIÇOBA

**A APLICAÇÃO DO BUILDING INFORMATION MODELING NA ANÁLISE
ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, com objetivos acadêmicos, na Linha de Sustentabilidade e Gestão dos Recursos Naturais, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientadora: Dra. Josyanne Pinto Giesta

NATAL

2026

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Norte – IFRN
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBi

Maniçoba, Danielle Sthefany Silva.

M278a A aplicação do building information modeling na análise energética de edificação / Danielle Sthefany Silva Maniçoba. – 2026.
82 f. : il. Color.

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2026.

Orientador(a): Dra. Josyanne Pinto Giesta.

1. Sustentabilidade – Economia de energia. 3. Análise térmica energética. 3. Building Information Modeling (BIM). 4. Projeto As Built. I. Giesta, Josyanne Pinto. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. III. Título.

SIBi/IFRN

CDU: 502.131.1:620.9

DANIELLE STHEFANY SILVA MANIÇOBA

A APLICAÇÃO DO BUILDING INFORMATION MODELING NA ANÁLISE ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, com objetivos acadêmicos, na Linha de Sustentabilidade e Gestão dos Recursos Naturais, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientadora: Dra. Josyanne Pinto Giesta

Dissertação aprovada em 05/03/26 pela seguinte Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **JOSYANNE PINTO Giesta**
Data: 07/07/2026 21:09:48-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Josyanne Pinto Giesta – Orientadora

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Documento assinado digitalmente
 **HANDSON CLAUDIO DIAS PIMENTA**
Data: 09/07/2026 09:03:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Handson Cláudio Dias Pimenta – Examinador Interno

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Documento assinado digitalmente
 **TAMMS MARIA DA CONCEICAO MORAIS CAMPO**
Data: 07/07/2026 21:18:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Tamms Maria da Conceição Moraes Campos - Examinadora Externa

Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Dedico esta dissertação para meu filho, Francisco Raimundo Maniçoba Duarte, com todo o meu amor.

AGRADECIMENTOS

Aos meus maiores incentivadores, Francisco Raimundo, meu filho que começou comigo essa jornada na barriga e me deu forças para continuar, obrigada por existir, e Anderson Duarte meu amado esposo, companheiro e melhor amigo, por todo apoio, paciência e compreensão em todos os momentos e por me dar a confiança necessária para continuar. Obrigada por serem tudo o que sempre sonhei.

Aos meus pais Francisca Wanderleia e Daniel Maniçoba, por cada palavra de incentivo, amor e presença ao longo dos anos.

À Professora Dra. Josyanne Giesta, pela oportunidade de me orientar neste trabalho, profissional por quem sempre tive profunda admiração principalmente pela sua paixão pelo ensino e pesquisa é inspiradora. Sou eternamente grata por sempre estar ao meu lado, obrigada por acreditar em mim.

Aos professores participantes da banca examinadora, Dr. Handson Cláudio e Dra. Tamms Moraes, pelas colaborações e sugestões a este trabalho. Aproveito para estender esses agradecimentos ao Instituto Federal do Rio Grande do Norte – Campus Natal Central, em especial aos professores do Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais, que contribuíram positivamente em minha formação acadêmica por meio dos conhecimentos transmitidos ao longo do curso.

Há um gosto de vitória e encanto na condição de ser simples. Não é preciso muito para ser muito.

Lina Bo Bardi

RESUMO

O crescimento demográfico impulsionando o processo de urbanização e o adensamento construtivo, aliado ao aquecimento global tem contribuído para um maior consumo de energia elétrica. Nesse cenário, contextos em que a fonte energética mais utilizada para a produção de energia elétrica ainda é proveniente de fontes fósseis e não renováveis como o petróleo, o carvão mineral e o gás natural tendem a gerar grandes impactos ambientais. Essas questões têm promovido uma tendência global de etiquetagem de eficiência energética em edificações. No Brasil, uma grande contribuição na temática foi o surgimento do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica). O desempenho térmico das edificações está diretamente relacionado ao consumo sustentável de energia para o acondicionamento do ambiente interno de forma a promover o conforto térmico dos usuários das edificações. O Building Information Modeling (BIM) permite a modelagem de edificações existentes (projeto *As Built*) e o uso do modelo para análise térmica. Nesse sentido, a pesquisa tem como objetivo estudar a contribuição do Building Information Modeling (BIM) na análise energética em edificações existentes, alinhado com as metas do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7 (ODS 7) meta 7.3 e 7a e o 11 (ODS 11). O método aplicado para o desenvolvimento da pesquisa foi a pesquisa bibliográfica e sua operacionalização foi estruturada nas seguintes etapas: a) estudo exploratório (RSL e revisão da literatura); b) solução experimental baseada na teoria e conhecimento prévio (proposição de mapa de processos e elaboração do manual). Ao final da pesquisa espera-se desenvolver um produto técnico tecnológico (PTT) do tipo manual, o qual tem como público-alvo os profissionais da área de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). O objetivo principal do manual é orientar esses profissionais no uso do BIM para análise térmica em edificações existentes.

Palavras-chave: Análise térmica; BIM; Manual; Projeto *As Built*; Sustentabilidade.

ABSTRACT

The demographic growth driving the urbanization process and the increased construction density, combined with global warming, have contributed to a higher consumption of electrical energy. In this context, scenarios where the most used energy source for electricity production still comes from fossil and non-renewable sources such as oil, coal, and natural gas tend to generate significant environmental impacts. These issues have promoted a global trend of energy efficiency labeling in buildings. In Brazil, a significant contribution to this topic was the emergence of the Brazilian Building Labeling Program (PBE Edifica). The thermal performance of buildings is directly related to the sustainable consumption of energy to maintain the internal environment in a way that promotes the thermal comfort of building users. Building Information Modeling (BIM) allows for the modeling of existing buildings (As Built project) and the use of the model for thermal analysis. In this sense, the research aims to study the contribution of Building Information Modeling (BIM) in energy analysis for existing buildings, aligned with the targets of Sustainable Development Goal 7 (SDG 7) targets 7.3 and 7a, and SDG 11. The method applied for the research development was bibliographic research, and its operationalization was structured in the following steps: a) exploratory study (RSL and literature review); b) experimental solution based on theory and prior knowledge (proposing a process map and developing a manual). At the end of the research, the goal is to develop a technical and technological product (PTT) in the form of a manual, aimed at professionals in the Architecture, Engineering, and Construction (AEC) field. The main objective of the manual is to guide these professionals in the use of BIM for thermal analysis in existing buildings.

Keywords: Thermal analysis; BIM; Manual; As Built project; Sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Consumo de energia por classe em 2023.	17
Figura 2 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro.	18
Figura 3– Fluxo das etapas da pesquisa.....	22
Figura 4 – Definições de Usos do Modelo BIM.....	23
Figura 5 – Usos do Modelo BIM de Domínio.....	24
Figura 6 - Exemplo de notação para um processo no mapa de processos.....	25
Figura 7- Exemplo de notação para um mapa de processos.....	25
Figura 8 - Modelo de catálogo.....	27
Figura 9 – Modelo de guia.....	28
Figura 10 - Modelo de cartilha orientativa.	29
Figura 11- Fluxo das etapas da pesquisa.	31
Figura 12 - Mapa de processos da revisão sistemática da literatura.....	32
Figura 13- Principais documentos por ano.	38
Figura 14- Publicações analisadas por país.	39
Figura 15- Principais tipos de documentos.	40
Figura 16 - Documentos por área temática.....	40
Figura 17- Publicações por instituições.....	41
Figura 18 - Publicações por instituições.....	42
Figura 19 - Artigos que responderam às perguntas norteadoras.	42
Figura 20- Diretrizes de modelagem BIM para avaliação de eficiência energética.	50
Figura 21– Método para projetos arquitetônicos sustentáveis com uso do BIM.....	51
Figura 22 Cluster dos termos relevantes para o mapa de processos.....	52
Figura 23 - Inserção das coordenadas.....	52
Figura 24- Modelagem arquitetônica 3D inicial do prédio NIT-IFRN.	53
Figura 25 – Informações para parâmetros.	54
Figura 26 – Informações para parâmetros.	55
Figura 27 - câmera de imagem térmica manual HIT-02	56
Figura 28 - Planta de cobertura indicando os pontos cardeais.	57
Figura 29 - Análise da fachada Noroeste.....	58
Figura 30 - Análise da Fachada Frontal Nordeste.	59
Figura 31- Análise da fachada Sudeste.....	60
Figura 32 - Fachada de Fundo Sudoeste.....	61
Figura 33 – Localização da sala 13.	62

Figura 34 - Análise térmica da sala 13.	63
Figura 35- Análise térmica da cobertura.	64
Figura 36 - Análise térmica da fachada frontal Nordeste.	65
Figura 37- Análise térmica posterior Sudoeste.....	66
Figura 38 - fachada lateral Noroeste.....	67
Figura 39- fachada lateral Sudeste.....	68
Figura 40 - Condições de conforto em Natal/RN.	69
Figura 41 – Mapa de processos principal.	73
Figura 42 – Mapa de processos complementar A.	75
Figura 43 – Mapa de processos complementar B.....	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

AEC Arquitetura, Engenharia e Construção

BIM Building Information Modeling

NBR Norma Brasileira

NR Norma Regulamentadora

ODS Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

PTT Produto Técnico Tecnológico

SUMÁRIO

RESUMO	20
ABSTRACT	21
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	22
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	24
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 JUSTIFICATIVA	14
1.2 OBJETIVOS	15
1.3 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DESEMPENHO TÉRMICO	16
2.2 A IMPORTÂNCIA DAS CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS	19
2.3 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)	20
2.3.1 Usos do Modelo BIM	22
2.4 MAPA DE PROCESSOS DE MODELAGEM BIM PARA PROJETO <i>AS BUILT</i>	25
2.4.1 Modelo BIM <i>As Built</i>	25
2.5 DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE MANUAL	26
3 METODOLOGIA	29
3.1 ESTRATÉGIA DA PESQUISA.....	30
3.2 PLANEJAMENTO DA OPERACIONALIZAÇÃO DA PESQUISA.....	30
3.2.1 Revisão sistemática da literatura	31
3.2.2 Revisão da literatura	33
3.2.3 Mapa de processos	34
3.2.4 Manual	34
4 RESULTADOS DA OPERACIONALIZAÇÃO DAS ETAPAS DA PESQUISA	34
4.1 RESULTADOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.....	34
4.1.1 Parâmetros bibliográficos	37

4.1.2 Análise de conteúdos	43
4.1.3 A importância da eficiência energética em edificações existente	43
4.1.4 A Utilização do BIM para análise de conforto.....	44
4.1.5 <i>Software</i> BIM utilizado na análise de eficiência energética e conforto térmico	45
4.2 PROPOSTA DO MAPA DE PROCESSOS DE MODELAGEM	49
4.2.1 Muta (2022)	49
4.2.2 Ribeiro (2024).....	50
4.2.3 Desenvolvimento do mapa de processos	51
6 PRODUTO TÉCNICO	72
6.1 DESCRIÇÃO DO PRODUTO TÉCNICO	72
6.2 MANUAL PARA PROFISSIONAIS AEC.....	72
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77
REFERÊNCIAS	79

1 INTRODUÇÃO

A presente pesquisa aborda a temática dos impactos ambientais gerados pelo elevado consumo de energia elétrica decorrente do crescimento demográfico e do aquecimento global e a necessidade de medidas que favoreçam a eficiência energética nas edificações existentes.

Na atualidade é crescente a busca por projetos que garantam a qualidade e bem-estar dos usuários por meio do conforto térmico. O ser humano é considerado homeotérmico, a sua temperatura interna corporal tende a permanecer constante independente das condições ou do clima (Lamberts; Dutra; Pereira, 2014). De acordo com o Laboratório de eficiência energética em edificações (s.d), as pessoas gastam cerca de 90% do seu tempo dentro das edificações habitando, trabalhando e até mesmo aprendendo coisas novas. Nessas edificações, o ambiente térmico interno é um fator que, além de impactar o consumo energético, tem papel fundamental na forma como se vive e absorve tais experiências.

O conforto térmico acaba tendo que vir através de estratégias que consomem mais energia elétrica e então a edificação começa a não apresentar boa eficiência energética, contribuindo para os problemas atuais de consumo de energia não renovável. Além disso, edificações existentes geralmente sofrem reformas e ampliações ao longo dos anos, de modo que podem apresentar aumento no seu consumo de energia elétrica.

Nesse cenário, é relevante mencionar a possibilidade de monitoramento do desempenho energético, através de sistemas inteligentes que forneçam ferramentas avançadas de visualização e análise de dados utilizando dispositivos de medição inteligentes (Cavalcanti, 2023). Além da utilização de novas tecnologias, como o Building Information Modeling (BIM), que pode se tornar um importante aliado nos processos de análises térmicas voltadas a tornar uma edificação dotada de maior eficiência energética. Nota-se que a sociedade em sua busca constantemente por melhor qualidade de vida tem apresentado crescente investimento em pesquisas e uso de tecnologias para medidas de conservação de energia e melhoria da eficiência energética nas edificações (ABDI, 2017).

A modelagem virtual 3D em BIM, torna possível explorar soluções inovadoras que têm como objetivo central a promoção de cidades mais sustentáveis. É importante destacar que a arquitetura sustentável que deseja criar prédios objetivando o aumento da qualidade de vida do ser humano no ambiente construído e no seu entorno, de maneira que seja pertinente integrar com as características da vida e do clima locais, consumindo a menor quantidade de energia

compatível com o conforto ambiental, para construir um mundo menos poluído para futuras gerações (Corbella 2003).

Com isso em mente, a pergunta central que guiará nossa pesquisa é: "De que forma a utilização da tecnologia BIM para uso análise térmica pode contribuir com os profissionais da área da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) na busca pela eficiência energética em edificações existentes?"

Nesse sentido, infere-se que a utilização da tecnologia BIM em projeto *As Built*, elaborado com base em processo de modelagem voltado ao uso análise térmica pode facilitar as análises, incentivando assim tal prática, por parte dos profissionais da área AEC, colaborando dessa forma com as metas do ODS 7 (7.3) que se refere a dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética, até 2030 e a ODS 7 (7.a) que dispõem sobre reforçar a cooperação internacional para facilitar o acesso a pesquisa e tecnologias de energia limpa, incluindo energias renováveis, eficiência energética e tecnologias de combustíveis fósseis avançadas e mais limpas, e promover o investimento em infraestrutura de energia e em tecnologias de energia limpa, até 2023; bem como com as metas do ODS 11 – Cidades e Comunidades sustentáveis, que objetivam mitigar os impactos ambientais provocados pela ocupação humana atrelada à expansão urbana (ONU, 2024).

Espera-se assim, ao final da pesquisa, produzir um produto técnico tecnológico (PTT) do tipo manual, no formato digital, que oriente profissionais da área AEC no uso do Building Information Modeling para análise térmica em edificações existentes.

1.1 JUSTIFICATIVA

De acordo com a Agência Internacional de Energia (International Energy Agency, IEA), em 2023, as atividades operacionais de edifícios corresponderam a 30% do consumo global de energia final. Sendo assim, a eficiência energética das edificações existentes se apresenta como essencial para a sustentabilidade ambiental. Nesse cenário, vislumbra-se que o desempenho térmico das edificações, que se relaciona diretamente com o consumo de energia para o condicionamento do ambiente interno para promover o conforto térmico dos usuários das edificações é fator relevante nessa questão e pode ser analisado com softwares BIM.

Diante do exposto e ciente do incentivo ao uso do Building Information Modeling (BIM) no Brasil, através dos decretos federais nº 10.306 de 02 de abril de 2020 e nº 11.888 publicado em 22 de janeiro de 2024, a presente pesquisa se justifica por sua relevância técnica tanto do ponto de vista teórico quanto prático. Do ponto de vista teórico, diante da produção científica limitada acerca da temática, quando se evidencia uma lacuna substancial referente a pesquisas que tratem sobre a utilização do BIM na análise térmica. Do ponto de vista prático, a proposta de um mapa de processos de modelagem para projeto *As Built* para o uso análise térmica e a elaboração de um manual voltado ao uso da análise térmica com BIM em edificações existentes pode contribuir para acelerar a implementação do BIM na área da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC).

Tem-se ainda alcance econômico e ambiental, considerando-se os reflexos em termos de redução de consumo de energia elétrica decorrentes de maior eficiência energética das edificações existentes.

1.2 OBJETIVOS

É neste contexto que o presente trabalho se insere, com o objetivo geral de estudar a contribuição do Building Information Modeling (BIM) na análise energética em edificações existentes. É importante ressaltar que o estudo em questão tem como foco o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7 (ODS 7) meta 7.3 e 7a e o 11 (ODS 11), proposto pela Organização das Nações Unidas (ONU). Para tanto, tem-se como objetivos específicos:

1. Investigar o panorama atual do uso do BIM na avaliação da eficiência energética em edificações;
2. Identificar as possibilidades de utilização do BIM na análise térmica;
3. Propor uma cartilha orientativa e mapa de processos de modelagem para projeto *As Built* para o uso análise térmica com softwares BIM (uso 4230);
4. Elaborar e divulgar o manual e a cartilha orientativa para profissionais da área AEC voltado ao uso análise térmica com BIM em edificações existentes.

1.3 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

As possibilidades de usos do modelo BIM têm se ampliado, no entanto, pesquisas apontam que no Brasil o Building Information Modeling ainda fica restrito aos usos mais

tradicionais. Diante disso, a presente pesquisa visa contribuir para a expansão dos usos do modelo BIM. Dessa forma, a estrutura deste trabalho se inicia com o referencial teórico, que pretende discorrer sobre a importância da eficiência energética e sua relação com o desempenho térmico, as principais características do BIM e as possibilidades de uso do modelo, o processo de projeto *As Built*, bem como as diretrizes para a elaboração de um manual.

Na sequência, será apresentada a metodologia utilizada para o atendimento aos objetivos definidos no trabalho, apresentando a estratégia da pesquisa e o planejamento da operacionalização da pesquisa. Em seguida serão mostrados e discutidos os resultados alcançados com a revisão sistemática da literatura (RSL), o desenvolvimento do mapa de processos de modelagem e a elaboração do manual. Por fim, se terá a descrição do produto técnico tecnológico (PTT) e as considerações finais com as limitações da pesquisa e as recomendações para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DESEMPENHO TÉRMICO

Os impactos ambientais provocados pelo crescimento populacional têm se apresentado como uma preocupação. Em termos de arquitetura, o aumento da população representa uma maior demanda de edificações e de consumo de energia (Lamberts; Dutra; Pereira, 2014). No Brasil, em 2023, as edificações representaram 47% do consumo de eletricidade do país. Tendo-se como base essa elevada participação das edificações no consumo de eletricidade, deve-se considerar esse segmento como o de maior potencial de eficiência elétrica. (EPE, 2024). A figura 1 apresenta o consumo de energia por classe, em 2023.

Figura 1 – Consumo de energia por classe em 2023.



Fonte: EPE (2024).

Eficiência significa fazer mais (ou, pelo menos, a mesma coisa) com menos, mantendo o conforto e a qualidade. Quando se discute energia, eficiência energética significa gerar a mesma quantidade de energia com menos recursos naturais ou obter o mesmo serviço ("realizar trabalho") com menos energia (EPE, 2025). De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (2014) um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia.

A eficiência energética das edificações, que indica o melhor aproveitamento da energia, depende diretamente do seu desempenho térmico. Como regra geral, quanto melhor o desempenho térmico, melhor também será a eficiência energética. Por sua vez, este depende das características dos componentes construtivos, das cargas internas instaladas, do clima, do sistema de iluminação e do sistema de condicionamento de ar e de sua eficiência, do padrão de uso, entre outros (ABDI, 2017).

No Brasil, a NBR 15220:2024 – Desempenho Térmico de Edificações (ABNT, 2024) é composta por três partes, tendo a parte um como objetivo estabelecer os termos e definições, bem como os correspondentes símbolos e unidades dos termos relacionados ao desempenho térmico de edificações, agrupando-os em três áreas: a) características térmicas de materiais; b) características térmicas de ambientes; e c) grandezas do clima, do ambiente e da fisiologia humana. A parte três estabelece o zoneamento bioclimático brasileiro, subdividindo o país em oito Zonas Bioclimáticas (figura 2), definindo características e dando diretrizes construtivas a cada zona em relação ao tamanho de janelas, ao sombreamento necessário, ao tipo ideal de paredes e coberturas.

Figura 2 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro.



Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira (2014).

A NBR 15575:2013 Edificações Habitacionais — Desempenho (ABNT, 2013), estabelece o desempenho mínimo de edifícios habitacionais. Essa norma representa um avanço para o setor da Construção Civil no Brasil, caracterizando um passo importante para a busca da qualidade nas edificações. Segundo essa norma, os níveis de desempenho térmico da edificação estão divididos em uma escala de mínimo (M), intermediário (I) e superior (S), de acordo com as zonas bioclimáticas (ABDI, 2017).

Outras normas que envolvem alguns dos parâmetros de conforto térmico para espaços internos são a versão de 1990 da Norma Regulamentadora NR 17 – Ergonomia (Ministério do trabalho e emprego, 2025), a parte dois da NBR 16401:2008 – Instalações de ar-condicionado – sistemas centrais e unitários, revisada em 2006 e publicada pela última vez em 2008 (ABNT, 2008). Ambas as normas não incluem nenhuma menção ao modelo adaptativo, e limitam as condições de conforto térmico aos ambientes comerciais que operam com intervalos restritos de temperatura e velocidade do ar.

2.2 A IMPORTÂNCIA DAS CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS

Arquitetos e urbanistas projetam espaços que são esteticamente agradáveis, funcionais e em grande maioria sustentáveis, nos tempos atuais a sustentabilidade arquitetônica vem ganhando cada vez mais vez principalmente no ramo da construção civil, tema este que se faz de suma relevância tendo em vista que mais profissionais tomam consciência do impacto ambiental das habitações e espaços projetados.

As certificações são uma das principais formas de garantir a sustentabilidade em projetos e habitações com diferentes usos. Para determinar o nível de sustentabilidade em uma edificação é através de um certificado de sustentabilidade, as certificações em edificações são de grande relevância para assegurar que a edificação atende aos critérios de sustentabilidade, qualidade e segurança exigidos pelas legislações locais e nacionais.

As avaliações são baseadas em variados padrões ou até mesmo diretrizes, que foram desenvolvidas por organizações como: LEED, WELL, *Living Building Challenge* ou *BREEAM*, diante disso, a certificação pode abordar diferentes aspectos como a eficiência energética, acessibilidade e impacto ambiental. Fatores imprescindíveis no âmbito da arquitetura, engenharia e da construção civil.

Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), é considerada a mais antiga certificação voltada para construções sustentáveis e estruturas. Usado em todo o mundo desde 1998 desenvolvido pela USGBC devido a crescente preocupação do impacto ambiental de edificações a longo prazo, o programa de certificação LEED tinha como enfoque a eficiência energética ao longo dos anos o programa passou a abranger eficiência hídrica, qualidade do ar e a utilização de materiais sustentáveis. A certificação inclui edificações que usos diversos com escolas, hospitais, edifícios comerciais e residenciais.

Para obter a certificação LEED é necessário atender a certos critérios que são específicos do programa, processo esse que se torna bastante rigoroso e que envolve diversas etapas sendo elas a documentação, análise, revisão e verificação. Assim sendo, na fase inicial projetual precisa estar registrado no USGBC e efetuar os devidos pagamentos das taxas de registro, seguido a equipe responsável pela construção precisa cumprir inúmeros pré-requisitos diretamente ligado ao desenvolvimento sustentável no local, entre outras. A certificação se baseia na obtenção de pontos para cada critério atendido, a edificação precisa obter no mínimo 40 pontos de 110. A certificação LEED também pode ser adquirida por edificações existentes, essa obtenção pode ser por meio do programa de certificação LEED *for operations and*

maintenance. Este programa é projetado para edificações já existentes e encontra-se em operação, promovendo assim práticas de construção sustentáveis para operações e manutenção contínuas durante o ciclo de vida da edificação em questão.

WELL Building Certification, é considerado o primeiro certificado do mundo com enfoque exclusivo no bem-estar humano no ambiente construído. As diretrizes abordadas pela Well são o resultado de sete anos de pesquisas elaboradas por arquitetos, médicos e cientistas, seus padrões são semelhantes a certificação LEED, WELL aborda sete conceitos relacionados à saúde humana no ambiente construído - ar, água, alimentação, luz, conforto e mente. Um espaço com esta certificação, visa melhorar a alimentação, humor, padrões de sono e desempenho dos seus frequentadores.

O *BREEAM Building Research Establishment Environmental Assessment Method*, a certificação é obtida avaliando todo o ciclo de vida da edificação iniciando pela fase projetual, construção e o seu uso pós ocupacional. Assim sendo, a certificação considera algumas categorias sendo elas: Eficiência hídrica, resíduos, materiais, transporte e uso de energia.

Casa Azul CAIXA é considerado o pioneiro sistema de classificação de sustentabilidade em projetos desenvolvidos conforme a realidade da construção brasileira. O principal objetivo do manual da casa azul é amparar e dar o devido suporte aos profissionais que projetam as habitações e os empreendedores com diretrizes que foram adaptadas de acordo com realidade local com estratégias de extrema relevância com o enfoque no ponto de vista socioambiental.

Segundo o Laboratório de eficiência energética em edificações LabEEE (s.d), O Manual "Selo Casa Azul" foi produzido com uma equipe de especialistas da USP, UNICAMP e UFSC. O objetivo é o reconhecimento e incentivo de projetos que demonstrem suas contribuições para a redução de impactos ambientais, considerando 53 critérios em relação aos temas qualidade urbana, projeto e conforto, eficiência energética, conservação de recursos materiais, gestão da água e práticas sociais.

Em concordância com o que foi exposto é de grande relevância que haja a certificação em edificações públicas por incentivarem a sustentabilidade, promoverem o bem-estar dos frequentadores, incentivam a valorização da edificação e estão em concordância com os ODS.

2.3 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

Silva (2013), afirma que o termo BIM é frequentemente confundido com as ferramentas de modelação comercializadas por empresas de software, salientando, no entanto, que BIM não

é um software, mas sim um processo baseado num sistema base de informações que cria valor e inovação a longo prazo.

É importante pensar nos principais benefícios em adotar o BIM em projetos arquitetônicos *As Built* para uso análise térmica, quando é possível inserir as informações necessárias de coordenadas de localização do terreno para realizar o estudo solar se for no *software Revit* da *Autodesk*, por exemplo.

Com o BIM é possível realizar projeto de *As Built* com a utilização de nuvem de pontos, segundo Justi (2016), o *Revit* liga uma nuvem de pontos como referência em vez de incorporar o arquivo, várias nuvens de pontos podem ser ligadas e várias instâncias de cada link podem ser criadas. Como desvantagens da utilização da nuvem de pontos pode-se elencar o alto custo em equipamentos, o tempo demandado para o laser mapear a edificação e para se manusear os equipamentos, além da necessidade de mão de obra especializada.

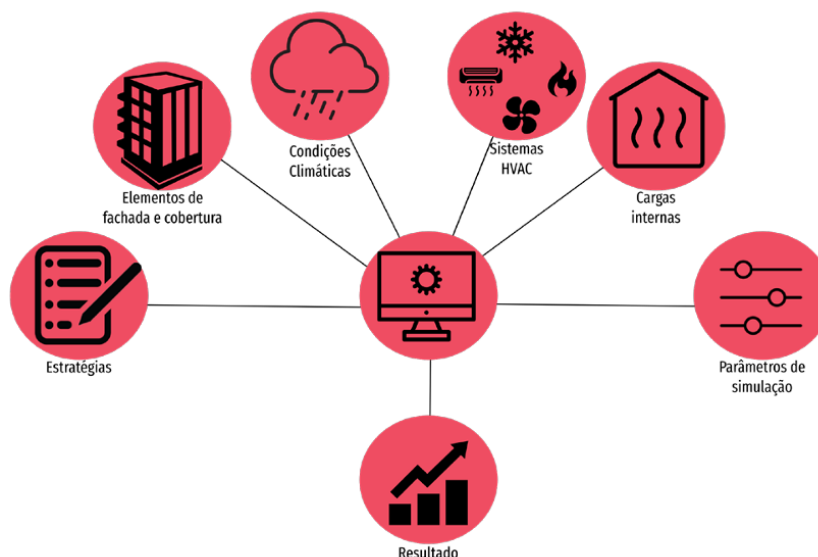
Muta (2022, p. 38) citando os trabalhos de Tavares (2011), Chang et al. (2019), Sartori; Calmon (2019) e Tushar et al. (2019), afirma que “pesquisas demonstram que BIM pode ser utilizado de diversas formas para beneficiar a avaliação de eficiência energética em edificações, a partir da extração de dados de projeto, diretamente pela interface do programa de modelagem”.

A simulação é o ato de modelar um protótipo de um sistema real, para a realização de experimentos e análises, com o objetivo de avaliar o funcionamento deles, ou o desempenho de materiais e métodos. É a verificação do comportamento dos sistemas reais, através de modelos computacionais (Guterres, 2017). De acordo com o Guia 5 - Avaliação de desempenho energético em Projetos BIM da Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC, a simulação energética analisa o desempenho de edificações, avaliando os projetos arquitetônicos e seus respectivos sistemas.

Essa performance é resultado de um conjunto de interações entre o ambiente externo, o ambiente interno e os elementos que constituem a construção. Dentre os dados de entrada necessários para a realização de uma simulação computacional destacam-se: arquivo climático, geometria da edificação, sistema de iluminação e equipamentos, número de ocupantes, elementos de composição das fachadas, sistema de condicionamento de ar e seus respectivos padrões de uso e estratégias (ABDI, 2017, p. 12).

A figura 3 apresenta os dados de entrada necessários para a simulação computacional.

Figura 3– Fluxo das etapas da pesquisa.



Fonte: GDP (ABDI, 2017).

Ainda, segundo o Guia 5, ferramentas de simulação permitem a leitura do modelo BIM, realizando os cálculos necessários da edificação para a análise energética. Dentre as ferramentas que permitem essa análise através da transferência de informações com ferramentas BIM, destacam-se: EnergyPlus, IES Virtual Environment Software, Green Building Studio e o AECOSim Energy Simulation (ABDI, 2017).

O Building Information Modeling possui elevado potencial para ampliar a eficiência energética das edificações. No entanto, Carvalho, Bragança e Mateus (2020) alertam sobre a necessidade de procedimentos específicos de modelagem com foco na avaliação de eficiência energética.

2.3.1 Usos do Modelo BIM

Salgado (2022) reúne as principais definições de Usos do Modelo BIM, o quadro 1 apresenta essas definições.

Figura 4 – Definições de Usos do Modelo BIM.

Ano	Autor	Definição
2016	Succar, B., Saleeb, N., Sher, W.	O Uso do Modelo representa um conjunto de requisitos predefinidos, atividades especializadas e resultados específicos do projeto, agrupados em um único título para que possam ser facilmente especificados, medidos e aprendidos.
2015	Kreider, R. G.; Messner, J.	Um Uso de Modelo é definido como um método de aplicação de modelagem durante o ciclo de vida de uma instalação para atingir um objetivo específico. Cada implementação do Uso do Modelo incluirá os seguintes itens: um processo, informações, infraestrutura, nível de maturidade, impactos potenciais e referências para apoiar essa abordagem específica.
2015	BIMe initiative BIM Dictionary 2020	Os Usos de Modelos são as entregas de projeto pretendidas ou esperadas considerando a geração, colaboração e vinculação de modelos 3D a bancos de dados externos. Cada Uso representa um conjunto de requisitos definidos, atividades especializadas e resultados específicos do projeto, agrupados em um único título para que possam ser especificados, medidos e apreendidos com mais facilidade.

Fonte: Adaptado de Salgado (2022).

Segundo Succar, Saleeb e Sher (2016), os Usos do Modelo BIM se classificam em: Gerais, de Domínio e Customizados. No caso dos Usos de Domínio, eles são específicos para áreas ou indústrias particulares, incluindo séries como:

- a) Captura e Representação (2000), que envolve a coleta e modelagem de condições existentes;
- b) Planejamento e Projeto (3000), que abrange o desenvolvimento detalhado de projetos;
- c) Simulação e Quantificação (4000), que inclui análises de desempenho e estimativas de quantidades;
- d) Construção e Fabricação (5000), que foca na execução e pré-fabricação de componentes;
- e) Operação e Manutenção (6000), que se relaciona à gestão e manutenção pós-construção;
- f) Monitoramento e Controle (7000), que envolve o acompanhamento contínuo do desempenho da edificação;

- g) Links e Extensão (8000), que trata da integração com outros sistemas e tecnologias. A figura 4 apresenta a lista de Usos do Modelo BIM estabelecida pelo autor.

Figura 5 – Usos do Modelo BIM de Domínio.

	CÓDIGO	USOS DO MODELO	CÓDIGO	USOS DO MODELO
CAPTURA E REPRESENTAÇÃO 2000 - 2990	Série 2: <i>sinônimos não listados</i>			
	2010	Documentação 2D	2060	Fotogrametria
	2020	Detalhamento 3D	2070	Manutenção de registros
	2030	Representação As-Construída	2080	Topografia
	2040	Design Generativo	2090	Comunicação visual
PLANEJAMENTO E PROJETO 3000 - 3990	2050	Digitalização a Laser		
	Série 3: <i>sinônimos não listados</i>			
	3010	Conceituação	3070	Planejamento de Levantamento
	3020	Planejamento de Construção	3080	Planejamento de Operações
	3030	Planejamento de Demolição	3090	Seleção e Especificação
	3040	Projeto Autoral	3100	Programação Espacial
SIMULAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO 4000 - 4990	3050	Planejamento de Desastres	3120	Planejamento urbano
	3060	Análise de Processo Enxuto	3130	Análise de valor
	Série 4: <i>sinônimos não listados</i>			
	4010	Análise de Acessibilidade	4140	Análise de Refletividade
	4020	Análise Acústica	4150	Avaliação de risco e perigo
	4030	Simulação de Realidade Aumentada	4160	Análise de prevenção
	4040	Deteção de Conflitos	4170	Análise de segurança
	4050	Verificação e Validação de Código	4180	Análise do Local
	4060	Análise de Construtibilidade	4190	Análise Solar
	4070	Estimativa de custo	4200	Análise espacial
	4080	Análise de saída e entrada	4210	Análise estrutural
	4090	Uso de Energia	4220	Análise de Sustentabilidade
	4100	Análise de elementos finitos	4230	Análise térmica
	4110	Simulação de fogo e fumaça	4240	Simulação de Realidade Virtual
	4120	Análise de Iluminação	4250	Análise modular completa
CONSTRUÇÃO E FABRICAÇÃO 5000 - 5990	4130	Levantamento de Quantidades	4260	Estudos de Vento
	Série 5: <i>sinônimos não listados</i>			
	5010	Impressão 3D	5050	Logística de construção
	5020	Módulos de Arquitetura Pré-fabricação	5060	Conjuntos Mecânicos Pré-fabricação
	5030	Pré-fabricação de caixas	5070	Moldagem de Chapa metálica
OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO 6000 - 6990	5040	Concreto Pré-moldado	5080	Configurações do Local
	Série 6: <i>sinônimos não listados</i>			
	6010	Manutenção de Ativos	6050	Transferência e Comissionamento
	6020	Aquisição de ativos	6060	Gestão de Relocação
MONITORAMENTO E CONTROLE 7000 - 7990	6030	Acompanhamento de bens	6070	Gestão de Espaço
	6040	Inspeção de Edifícios		
LINKS E EXTENSÃO 8000 - 8990	Série 7: <i>sinônimos não listados</i>			
	7010	Automação Predial	7030	Monitoramento de Desempenho
	7020	Campo BIM	7040	Utilização em tempo real
	Série 8: <i>sinônimos não listados</i>			
	8010	BIM / Links Especiais	8050	Interface BIM / IOT
	8020	BIM / Links ERP	8060	Sobreposição BIM / PLM
	8030	BIM / Integração FM	8070	BIM / Serviços Web
	8040	Sobreposição BIM / GIS		

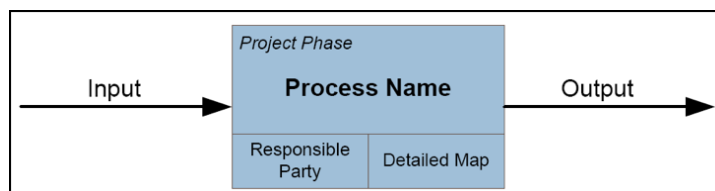
Fonte: Adaptado de Succar, Saleeb e Sher (2016).

2.4 MAPA DE PROCESSOS DE MODELAGEM BIM PARA PROJETO *AS BUILT*

De acordo com Pereira, Assis e Azenha (2018, p.150), o mapa de processos tem como objetivo explorar as interações entre os diferentes intervenientes, assim como as diversas trocas de informação que ocorrem ao longo de cada uma das fases do projeto. Um BIM Process Map (mapa do processo BIM) é uma representação gráfica do processo BIM que sinaliza as trocas de informações e os processos que deverão ser realizados visando os diversos usos do BIM.

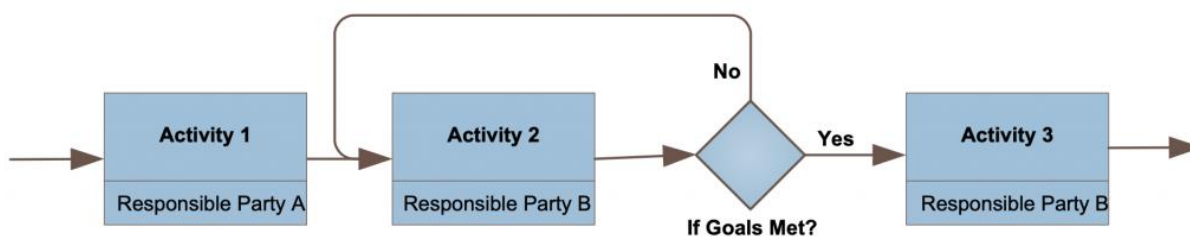
O Guia de Planejamento de Execução de Projetos BIM, Versão 3.0, da PennState indica a adoção da Notação de Modelagem de Processos de Negócios (BPMN) para a elaboração de mapas de processos. As figuras 6 e 7 apresentam exemplos de notação.

Figura 6 - Exemplo de notação para um processo no mapa de processos.



Fonte: PennState (2025).

Figura 7- Exemplo de notação para um mapa de processos.



Fonte: PennState (2025)

2.4.1 Modelo BIM *As Built*

Enquanto na fase dos desenhos técnicos, antes de iniciar a parte construtiva da edificação é possível inserir um compilado de informações no modelo BIM, pertinentes para tornar o projeto ainda mais compreensível para o entendimento de quem irá executar, em edificações já existentes é possível inserir as modificações que foram realizadas ao longo do tempo e atualizar o modelo BIM para a elaboração do *As Built*.

Durante todo o ciclo de vida útil de uma edificação é habitual que aconteçam reformas e manutenções que vão de acordo com as necessidades dos usuários, modificações essas que na maioria das vezes não são documentadas. Nesse sentido, é importante ressaltar a importância do *As Built*, um termo de grande relevância entre os profissionais da área da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC).

Segundo Santos e Bastos (2022), no ano de 1994, o Centro de Tecnologia das Edificações definiu *As Built* (como construído), como sendo um compilado de desenhos do projeto executivo revisados e elaborados em concordância com o que foi executado em obra para atualizações e recomendações de manutenção de projetos futuros. A NBR 14.645:2001 – Elaboração do “como construído” (*as built*) para edificações (ABNT, 2001), em sua parte um trata sobre levantamento planialtimétrico e cadastral de imóvel urbanizado com área até 25 000 m², para fins de estudos, projetos e edificação – Procedimento.

De modo geral, a elaboração do *As Built* pode ser dividida em duas etapas principais: a) levantamento de todas as medidas e análises dos sistemas que compõem a edificação; b) relato e representação gráfica (desenhos e plantas) das alterações analisadas em obra.

É importante evidenciar, o decreto federal nº 10.306 de 02 de abril de 2020, que determina que o BIM deve ser utilizado na elaboração indireta ou direta de obras públicas federais e sua implementação se dará de forma gradual e em três fases. Conforme consta no Art. 4º II a atualização do modelo e de suas informações como construído (*As Built*), para obras cujos projetos de arquitetura e engenharia tenham sido realizados ou executados com aplicação do BIM deve ser implementada na segunda fase.

2.5 DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE MANUAL

Segundo a CAPES (2019, p. 54) um manual pode ser definido como um:

conjunto das informações, decisões, normas e regras que se aplica a determinada atividade, que encerra os conhecimentos básicos de uma ciência, uma técnica, um ofício, ou procedimento. Pode ser um guia de instruções que serve para o uso de um dispositivo, para correção de problemas ou para o estabelecimento de procedimentos de trabalho. No formato de compêndio, livro/guia pequeno ou um documento/normativa, impresso ou digital, que estabelece como se deve atuar em certos procedimentos.

Inicialmente é recomendado definir o público-alvo e a forma de divulgação (digital ou impressa). Na sequência o objetivo a que se destina deve estar bem claro, para que então os conteúdos possam ser pesquisados e elaborados.

A figura 8 apresenta o Catálogo de Soluções Inovadoras para Assentamentos Informais, nele é possível identificar estratégias utilizadas para tornar os procedimentos mais fáceis de compreensão.

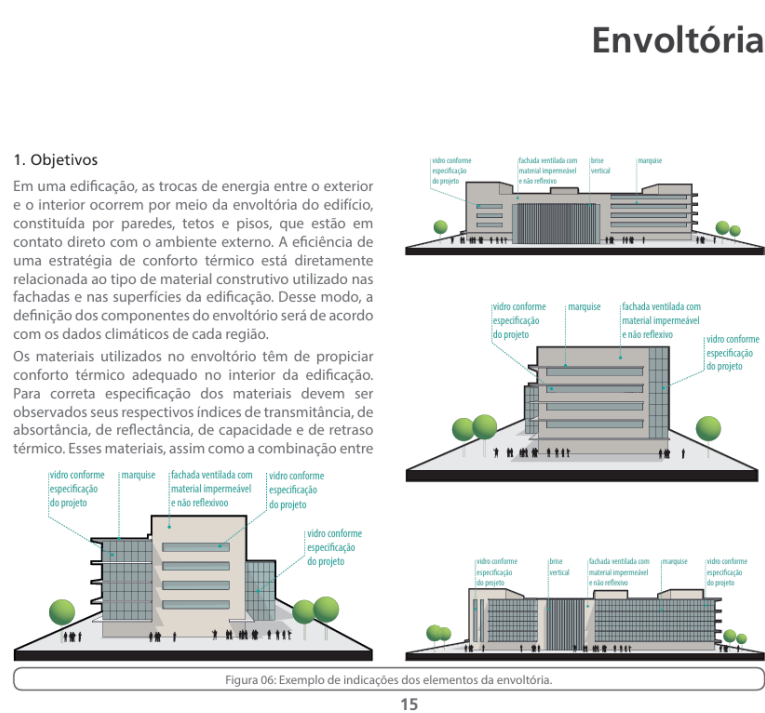
Figura 8 - Modelo de catálogo.



Fonte: ONU (2025).

A figura 9 apresenta um guia com as Diretrizes de Sustentabilidade para projetos de Arquitetura e Engenharia em Hospitais Universitários, o conteúdo é estruturado de forma sintética e os capítulos são organizados em quatro tópicos: a) objetivos; b) diretrizes de projeto; c) estudos técnicos e produtos; d) normas e parâmetros.

Figura 9 – Modelo de guia.



Fonte: EBSERH (2018).

A figura 10 apresenta uma cartilha orientativa intitulada Método para utilização dos requisitos de sustentabilidade com auxílio da tecnologia BIM, este documento apresenta um mapa de processos e discorre sobre cada uma das etapas de forma sucinta.

Figura 10 - Modelo de cartilha orientativa.



Fonte: Ribeiro (2024).

Os exemplos estudados reforçaram a relevância da inserção de figuras ilustrativas, que facilitam a compreensão dos conteúdos, além de tornar a leitura menos cansativa.

3 METODOLOGIA

Conforme abordado por Gil (2002), em relação aos seus objetivos, esta pesquisa é de natureza aplicada pois visa produzir conhecimento de maneira prática focando em soluções que partem de problemas reais específicos. Neste sentido, objetiva-se estudar como o Building Information Modeling pode contribuir na análise energética em edificação existente.

Com relação a forma como o objeto de pesquisa foi estudado, corresponde a uma pesquisa exploratória, pois visa proporcionar maiores informações sobre o assunto investigado. Assim, a pesquisa identifica possibilidades de aplicação do BIM na análise térmica, além de

propor mapa de processos de modelagem para projeto *As Built* para o uso análise térmica (uso 4230) utilizando BIM.

Com relação aos procedimentos técnicos utilizados, trata-se de pesquisa bibliográfica, que segundo Leão (2016) corresponde aquela que predominantemente utiliza informações provenientes de material gráfico, sonoro ou informatizado na tentativa de resolver um problema ou adquirir conhecimentos sobre um determinado assunto. Segundo a autora, citando Barros e Lehfeld (1986), a pesquisa bibliográfica é o ato de ler, selecionar, fichar e arquivar tópicos de interesse para a pesquisa.

3.1 ESTRATÉGIA DA PESQUISA

Com base nos objetivos específicos desta pesquisa, adotou-se a revisão sistemática da literatura (RSL) para investigar o panorama atual do uso do BIM na avaliação da eficiência energética em edificações e para identificar possibilidades de utilização do BIM na análise térmica. A RSL é um método que permite maximizar o potencial de uma busca, encontrando o maior número possível de resultados de uma maneira organizada (Costa; Zoltowski, 2014). Segundo Morandi e Camargo (2015, p. 142),

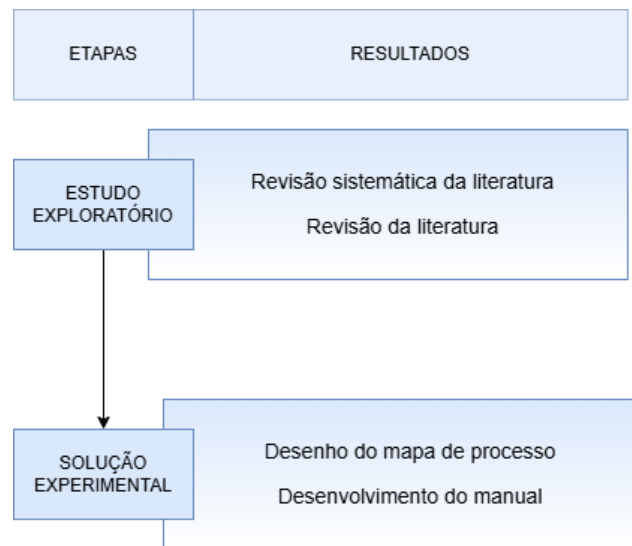
Revisões sistemáticas da literatura são estudos secundários utilizados para mapear, encontrar, avaliar criticamente, consolidar e agregar os resultados de estudos primários relevantes acerca de uma questão ou tópico de pesquisa específico, bem como identificar lacunas a serem preenchidas, resultando em um relatório coerente ou em uma síntese.

A revisão da literatura foi utilizada para subsidiar o desenvolvimento de uma proposta de mapa de processos de modelagem para projeto *As Built* para uso análise térmica (uso 4320) utilizando BIM e para contribuir na elaboração do manual para profissionais da área AEC, voltado ao uso análise térmica com BIM em edificações existentes. Para Dorsa (2020, p.681) é importante enfatizar que a grande pergunta com relação à revisão de literatura é a busca por responder ao seguinte questionamento: o que foi desenvolvido por outros pesquisadores sobre este tema?

3.2 PLANEJAMENTO DA OPERACIONALIZAÇÃO DA PESQUISA

A operacionalização da pesquisa foi estruturada nas seguintes etapas: a) estudo exploratório (RSL e revisão da literatura); b) solução experimental baseada na teoria e conhecimento prévio (proposição de mapa de processos e elaboração do manual). A figura 11 ilustra o fluxo dessas etapas:

Figura 11- Fluxo das etapas da pesquisa.



Fonte: Elaboração própria (2024).

3.2.1 Revisão sistemática da literatura

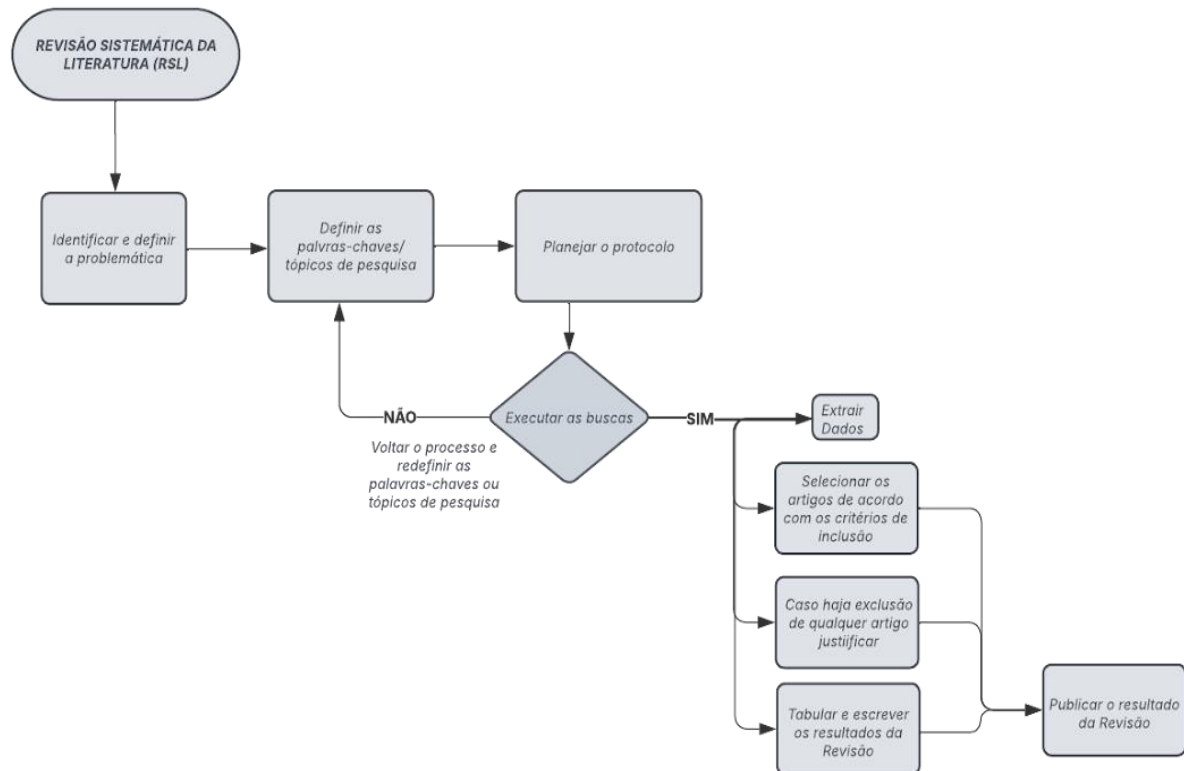
A revisão sistemática da literatura (RSL), pode ser classificada como uma modalidade de pesquisa que adota diversos protocolos específicos para dar seguimento a um vasto corpus documental. A RSL emprega métodos sistemáticos e explícitos para recuperar, selecionar e avaliar criticamente os diversos resultados de estudos relevantes, diante de uma metodologia rigorosa e criteriosa, sendo amplamente valorizada na comunidade acadêmica (Costa, 2024).

Galvão e Ricarte (2019), aponta que revisar a literatura é uma atividade essencial no desenvolvimento de trabalhos, sejam eles acadêmicos ou científicos. A realização de uma revisão sistemática da literatura evita a duplicação de pesquisas ou, quando for de interesse realiza o reaproveitamento e a aplicabilidade de pesquisas em diferentes contextos e escalas.

Uma revisão sistemática, assim como outros tipos de estudo de revisão, é uma forma de pesquisa que utiliza como fonte de dados a literatura sobre determinado tema. Esse tipo de investigação disponibiliza um resumo das evidências relacionadas a uma estratégia de intervenção específica, mediante a aplicação de métodos explícitos e sistematizados de busca, apreciação crítica e síntese da informação selecionada (Sampaio e Mancini, 2007).

Durante o processo de planejamento da RSL identificou-se a necessidade da elaboração de um mapa de processo para um protocolo esquematizado (figura 12). Assim sendo, o protocolo delineado estabeleceu uma exploração por meio de um entendimento da problemática a ser analisada e definiu algumas etapas primordiais.

Figura 12 - Mapa de processos da revisão sistemática da literatura



Fonte: Adaptado de Costa (2024).

Diante do questionamento inicial da pesquisa: "De que forma a utilização da tecnologia BIM para uso análise térmica pode contribuir com os profissionais da área da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) na busca pela eficiência energética em edificações existentes?" Partiu-se para a elaboração das questões da pesquisa que nortearam a RSL: (Q1) Como o BIM tem sido utilizado na avaliação da eficiência energética em edificações?; (Q2) Quais as vantagens e barreiras na utilização do BIM na análise térmica?; (Q3) Quais os softwares BIM mais utilizados para análise térmica?; (Q4) Quais as principais recomendações no processo de modelagem BIM para projeto *As Built* para uso análise térmica? e (Q5) O que é essencial em um manual BIM para uso análise térmica em edificações existentes?

Uma revisão sistemática da literatura envolve uma elevada quantidade de informações a serem gerenciadas, assim, antes de iniciar o processo de busca é essencial investir na estratégia de busca dos estudos primários. Deve-se definir os termos de busca ou palavras-chave a serem aplicadas. Na presente RSL utilizou-se: “BIM”, “software”, “As Built”, “energy efficiency”, “sustainability” e “thermal comfort”.

Com relação ao recorte temporal, definiu-se o período de 2014 a 2025. Sobre o idioma, optou-se pelo português e o inglês - tendo em vista o predomínio de trabalhos sobre eficiência energética nesse último idioma. Importante destacar que, embora o ano de 2025 ainda não se encontre concluído, optou-se por inseri-lo na RSL, na tentativa de obter o maior número possível de retorno, bem como alcançar as pesquisas mais atualizadas na temática.

Sampaio e Mancini (2007) aborda a importância dos pesquisadores elaboraram um protocolo de pesquisa que incluía os seguintes itens: como os estudos serão encontrados, quais os critérios de inclusão e exclusão dos artigos (quadro 2), qual a definição dos desfechos de interesse, como se dará a verificação da acurácia dos resultados, como será determinada a qualidade dos estudos e a análise da estatística utilizada.

Quadro 2 - Critérios de Inclusão e Exclusão dos artigos da RSL.

Item	Descrição
Inclusão	a) Trabalhos que abordem a avaliação da eficiência energética em edificações existentes; b) Estudos que descrevam a utilização do BIM na análise térmica; c) Pesquisas que identifiquem os softwares BIM utilizados na análise térmica.
Exclusão	a) Trabalhos duplicados; b) estudos não disponibilizados em versão completa para download; c) Trabalhos com pequena aderência ao tema da pesquisa.

Fonte: Elaboração própria (2024).

3.2.2 Revisão da literatura

A revisão da literatura objetiva organizar, integrar e avaliar estudos relevantes sobre determinado tema (Hohendorff, 2014). Considerando-se que diferentemente da RSL, não se teve como objetivo sumarizar pesquisas prévias para responder questões, testar hipóteses ou reunir evidências, não foi necessário tanto rigor científico, de modo que não foi elaborado um protocolo. De modo geral as etapas desenvolvidas foram: a) delimitação do tema; b) identificação de palavras-chave; c) consulta as bases de dados; d) leitura do título e resumo; e) seleção do material.

Não foi delimitado um recorte temporal e o idioma utilizado foi o português, priorizando-se experiências nacionais. Como critérios de exclusão utilizou-se: trabalhos duplicados, não disponibilizados em versão completa para download e/ou com pequena aderência ao tema.

O material selecionado passou por uma leitura detalhada, que permitiu o agrupamento de estudos em dois grupos diferentes: a) trabalhos que guardam relação entre si e b) trabalhos que apesar de abordarem a mesma questão, apresentam visões/resultados contraditórios.

3.2.3 Mapa de processos

Na tentativa de contribuir para uma maior eficiência energética em edificações existentes como estratégia para mitigar problemas ambientais, surgiu a necessidade de favorecer o uso do modelo BIM para análise térmica (uso 4230). Muta (2022) deixa claro a relevância do processo de modelagem para os usos do modelo que se pretende fazer, visto que o tempo despendido com a análise térmica, por exemplo, depende exclusivamente do projetista e das diretrizes de modelagem que foram adotadas para o desenvolvimento do modelo BIM que será utilizado.

Diante do exposto, com base nos conhecimentos adquiridos nas etapas anteriores e na criatividade do pesquisador, será desenvolvido um mapa de processos de modelagem para projeto *As Built*, para uso do modelo BIM para análise térmica. Um mapa de processos pode ser entendido como a representação gráfica de um método, ou seja, de um conjunto de passos necessários para desempenhar determinada tarefa (Dresch; Lacerda; Antunes Júnior, 2015).

3.2.4 Manual

O manual a ser elaborado terá forma de publicação digital tanto para obter maior alcance, como por questão de sustentabilidade ambiental. Como mecanismos de divulgação, ele será depositado no Memoria, que é o repositório institucional do IFRN, desenvolvido com o objetivo de armazenar, preservar, divulgar e dar acesso à produção intelectual da Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em formato digital.

Visando um alcance ainda mais concentrado no público-alvo, que são os profissionais da área AEC, o endereço do acesso ao material poderá ser disponibilizado nas coordenações dos cursos de graduação voltados para o segmento.

4 RESULTADOS DA OPERACIONALIZAÇÃO DAS ETAPAS DA PESQUISA

4.1 RESULTADOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

A aplicação das palavras-chave na base de dados Scopus retornou 76 trabalhos, após a análise desses, 42 foram excluídos por não atender pelo menos um dos critérios de inclusão (a, b ou c). O quadro 3 lista os 30 trabalhos que atenderam aos critérios de inclusão.

Quadro 3 - Lista de Artigos da RSL.

N	Autores	Título	Ano
1	Veerendra, G.T.N. Dey, S. Mantle, E.J. Manoj, A.V.P. Padavala, S.S.A.B.	Building information modeling – simulation and analysis of a University Edifice and its environs – A sustainable design approach	2025
2	Alves Tenório de Moraes, G. R. S. de M. S. Nascimento, C. dos Santos, E.B. M. N. de Souza, K. Fernandes, B.S. Palha, R.P.	Integration potential between REVIT and LEED: a review	2024
3	Pekdogan, T. Yildizhan, H. Ahmadi, M.H. Sharifpur, M.	Assessment of window renovation potential in an apartment with an energy performance approach	2024
4	Sofronievska, L.D. Cvetkovska, M. Gavriloska, A.T. Mihajlovska, T.	BIM for Enhancing the Energy Efficiency and Sustainability of Existing Buildings	2024
5	Carrasco, C.A. Lombillo, I.Balbás, F.J. Aranda, J.R. Villalta, K.	Building Information Modeling (BIM 6D) and Its Application to Thermal Loads Calculation in Retrofitting	2023
6	Curto, D. Franzitta, V. Guercio, A. Mantegna, M. Milone, D.	Energy Efficiency in Historic Architecture: The “Ex Institute of Zoology and Comparative Anatomy” in Palermo	2023
7	Kozlovska, M. Petkanic, S. Vranay, F. Vranay, D.	Enhancing Energy Efficiency and Building Performance through BEMS-BIM Integration	2023
8	Bienvenido-Huertas, D. de la Hoz-Torres, M.L. Aguilar, A.J. Tejedor, B. Sánchez-García, D.	Holistic overview of natural ventilation and mixed mode in built environment of warm climate zones and hot seasons	2023
9	Waqas, H. Shang, J. Munir, I. Ullah, S. Khan, R. Tayyab, M. Mousa, B.G. Williams, S.	Enhancement of the Energy Performance of an Existing Building Using a Parametric Approach	2023
10	Ali-Ashgar, S.K. Alebaba, H.I. Bolong, N.	Evaluating Energy Efficiency and Sustainability in the Universiti Malaysia Sabah's (UMS) Library Through 6D Building Information Modelling (BIM)	2023
11	Fitriani, H. Rifki, M. Foralisa, M. Muhtarom, A.	Investigation of Energy Saving Using Building Information Modeling for Building Energy Performance in Office Building	2022
12	Carriço de Lima Montenegro	Building Information Modeling approach to	2021

	Duarte, J.G. Ramos Zemerero, B. Dias Barreto de Souza, A.C. de Lima Tostes, M.E. Holanda Bezerra, U.	optimize energy efficiency in educational buildings	
13	Mirpanahi, M.V. Noorzai, E.	Modeling the Relationship between Critical BIM Attributes and Environmental Sustainability Criteria Using PLS-SEM Technique	2021
14	Krishnaraj, L. Prasath Kumar, V.R. Prerna, D. Kumar, R.S. Sudarsan, J.S. Nithyanantham, S.	Design and thermal analysis of the conventional residential building using building information	2021
15	Lim, Y.-W. Seghier, T.E. Ahmad, M.H. Leng, P.C. Yasir, A.M. Rahman, N.A. Chan, W.L. Mahdzar, S.S.S.	Green Building Design and Assessment with Computational BIM: The Workflow and Case Study	2021
16	Birgonul, Z.	A receptive-responsive tool for customizing occupant's thermal comfort and maximizing energy efficiency by blending BIM data with real-time information	2021
17	Rahman, Q.S. Luk, T.H.J. Siu, C.F. Kwok, H.H.L. Chen, W. Cheng, J.C.P.	Energy Consumption in HVAC System and Occupants' Thermal Comfort Optimization Using BIM-Supported Computational Approach	2021
18	Zhuang, D. Zhang, X. Lu, Y. Wang, C. Jin, X. Zhou, X. Shi, X.	A performance data integrated BIM framework for building life-cycle energy efficiency and environmental optimization design	2021
19	Carvalho, J.P. Almeida, M. Bragança, L. Mateus, R.	BIM-based energy analysis and sustainability assessment—application to portuguese buildings	2021
20	Minutoli, F.	Innovative technologies, certification and assessment tools for a sustainable building heritage	2021
21	Ali, S.B.M. Mehdipoor, A. Lotfi, N. Saharmehdipoor Hasanuzzaman, M. Rahim, N.A.	Application of building information modelling (BIM) in analysing the building energy performances of an office building	2020
22	Al-Saggaf, A. Nasir, H. Taha, M.	Quantitative approach for evaluating the building design features impact on cooling energy consumption in hot climates	2020
23	Utkucu, D. Sözer, H.	Interoperability and data exchange within BIM platform to evaluate building energy performance and indoor comfort	2020
24	Beyhan, F. Alagoz, M.	Swot Analysis of Performance Based Optimum Building Envelope Design Methods	2019
25	Kotisuryam, M. Sharanappa, G.	Investigating HVAC thermal comfort and energy efficiency in commercial buildings	2019

26	Ariff, A.A.A. Ahmad, S.S. Hussin, M.A.	Green envelope as an architectural strategy for an energy efficient library	2019
27	Khairulzaman, H.A. Usman, F.	Automation in civil engineering design in assessing building energy efficiency	2018
28	Ozarisoy, B. Altan, H.	Low-energy design strategies for retrofitting existing residential buildings in Cyprus	2018
29	Ashik Moulana, S. Syed Abdul Rahman, S.	Control strategies for efficiency of building	2017
30	Maltese, S. Moretti, N. Re Cecconi, F. Ciribini, A.L.C. Kamara, J.M.	A lean approach to enable sustainability in the built environment through BIM Un approccio semplificato per la valutazione di sostenibilità dell'ambiente costruito attraverso il BIM	2017
31	Petri, I. Kubicki, S. Rezgui, Y. Guerriero, A. Li, H.	Optimizing energy efficiency in operating built environment assets through building information modeling: A case study	2017
32	Brumana, R. Prisco, M.D. Colombo, M. Marchi, F. Terletti, S. Coeli, F. Failla, C. Sonzogni, F.	Aler building in cinisello balsamo (Mi): An example of energy efficient refurbishment with easee method	2016
33	Shoubi, M.V. Shoubi, M.V. Bagchi, A. Barough, A.S.	Reducing the operational energy demand in buildings using building information modeling tools and sustainability approaches	2015
34	Wang, C. Cho, Y.K.	Performance Evaluation of Automatically Generated BIM from Laser Scanner Data for Sustainability Analyses	2015

Fonte: Elaboração própria (2024).

Na sequência, foi realizada a leitura dos trabalhos completos e estabelecidos os parâmetros bibliográficos: a) evolução temporal das publicações; b) distribuição geográfica; c) tipo de documento; d) área temática; e) periódicos de publicação; f) autores.

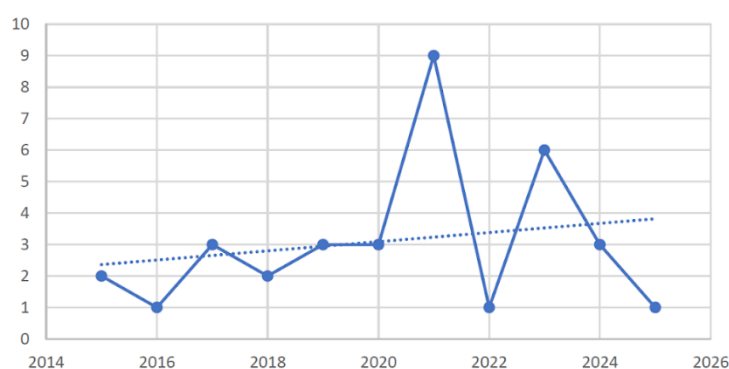
Após a análise dos indicadores bibliométricos, efetuou-se a análise de conteúdos dos 34 trabalhos, com a definição das categorias e a síntese narrativa dos artigos, indicando ainda tendências e lacunas de pesquisa.

4.1.1 Parâmetros bibliográficos

4.1.1.1 Evolução temporal das publicações

Com relação a evolução temporal é necessário destacar que, embora o recorte temporal tenha sido de 2014 a 2025, o primeiro trabalho selecionado foi do ano de 2015. Os documentos selecionados, quando organizados e tabulados conforme o período de publicação apresenta uma crescente nas publicações no decorrer do recorte temporal escolhido (figura 13). Entretanto, nota-se que no ano de 2022 e 2025 houve uma baixa no número de estudos oportunos referentes à temática. No caso do ano de 2025, o fato justifica-se pelo ano ainda não ter terminado, de modo que outras pesquisas na temática ainda podem estar em curso.

Figura 13- Principais documentos por ano.



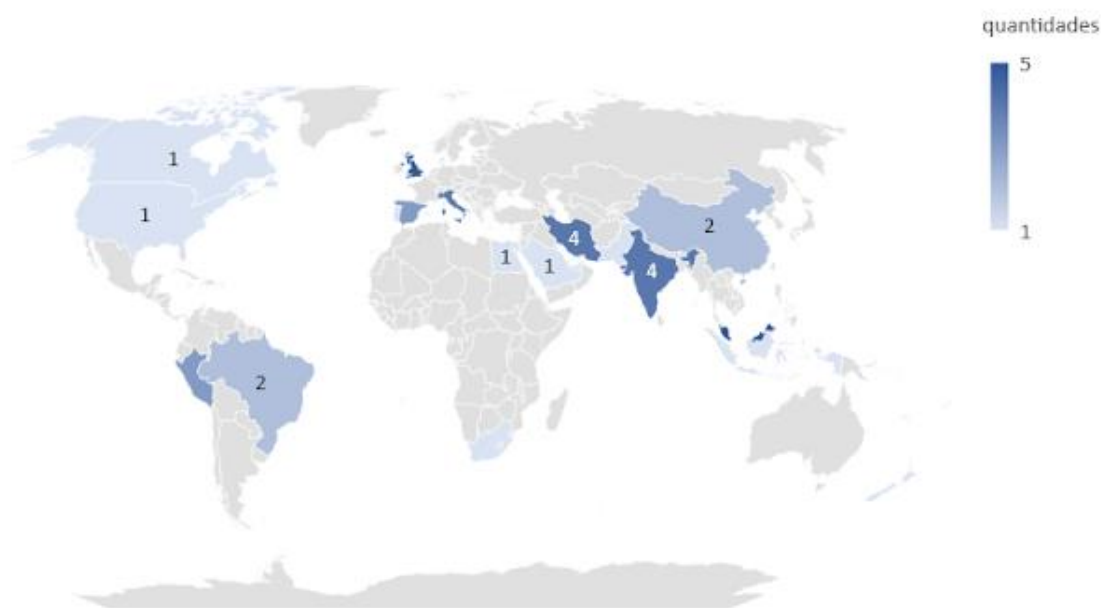
Fonte: Autoria Própria, 2025.

4.1.1.2 Distribuição geográfica

Com relação aos artigos examinados no que diz respeito à sua distribuição geográfica (figura 14), destacam-se a Malásia e o Reino Unido como os principais pesquisadores na temática em questão, ambos com 5 trabalhos. Diante disso, é de suma importância ressaltar o mapeamento por país/território para melhor compreensão dos locais onde o tema foi mais explorado, sendo de grande valia para novos pesquisadores que visam se aprofundar em novas referências para suas pesquisas.

Latiffi et al. (2013), aborda que o BIM tem sido usado pelos setores de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) na Malásia. A ideia de implementar o BIM na Malásia foi introduzida pelo Diretor do Departamento de Obras Públicas (PWD) em 2007. Enquanto, atualmente, o Reino Unido lidera, no mundo e na Europa, as iniciativas relacionadas ao BIM.

Figura 14- Publicações analisadas por país.

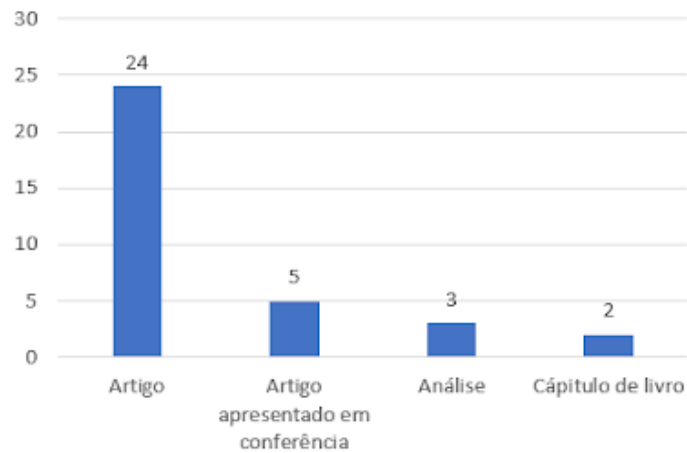


Fonte: Autoria Própria, 2025.

4.1.1.3 Análise por tipo de documento

No que se refere aos tipos de documentos (figura 15), 70,6% são artigos. É importante evidenciar que artigos sobre a temática de eficiência energética que utilizam softwares BIM em edificações existentes são de grande relevância para a compreensão e entendimento do uso dessa ferramenta na arquitetura, engenharia e construção civil de modo geral.

Figura 15- Principais tipos de documentos.

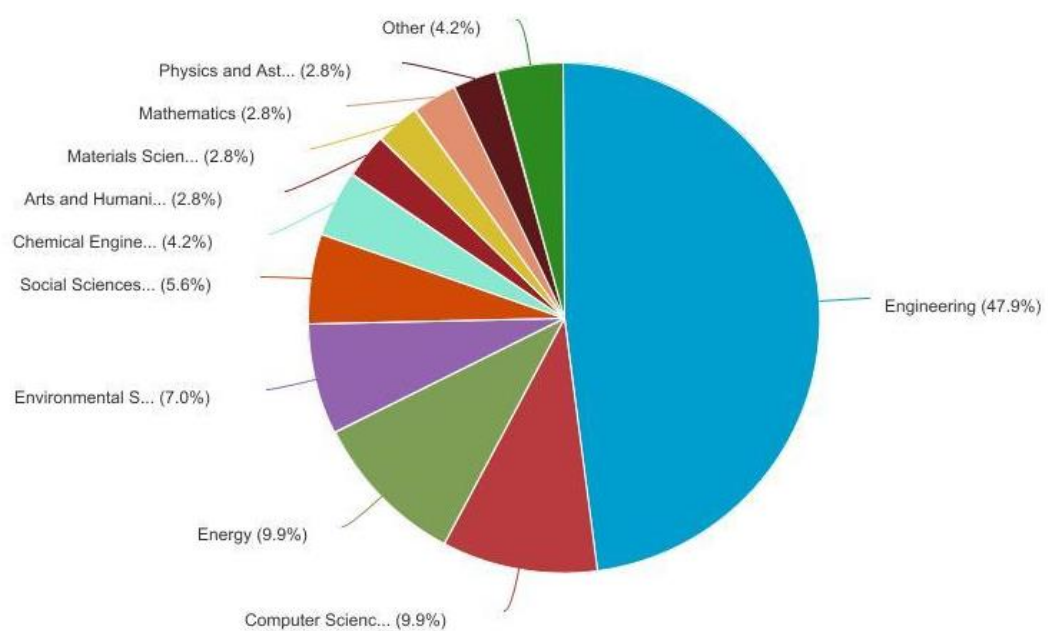


Fonte: Scopus 2025.

4.1.1.4 Análise por área temática

Os principais documentos por área temática (figura 16), apontam que em sua maioria 47,9% (34 documentos), estão diretamente ligados à engenharia, seguido pelas temáticas de energia e ciência da computação.

Figura 16 - Documentos por área temática.

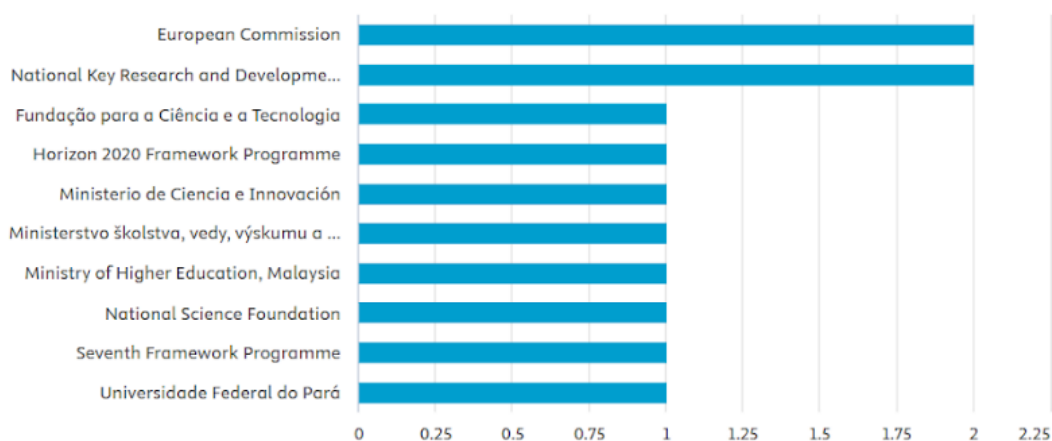


Fonte: Scopus, 2025.

4.1.1.6 Análise por instituições

A (figura 17), apresenta as publicações por instituições que mais tiveram colaboração para a disseminação das pesquisas sobre a importância da eficiência energética em edificações existentes, utilização do BIM para análise de conforto e os principais *softwares* BIM para análise de conforto térmico e eficiência energética. Assim sendo, *European Commission* e *National Key Research and Development Program of China* (02 publicações), seguido das demais instituições com (01 publicação).

Figura 17- Publicações por instituições.

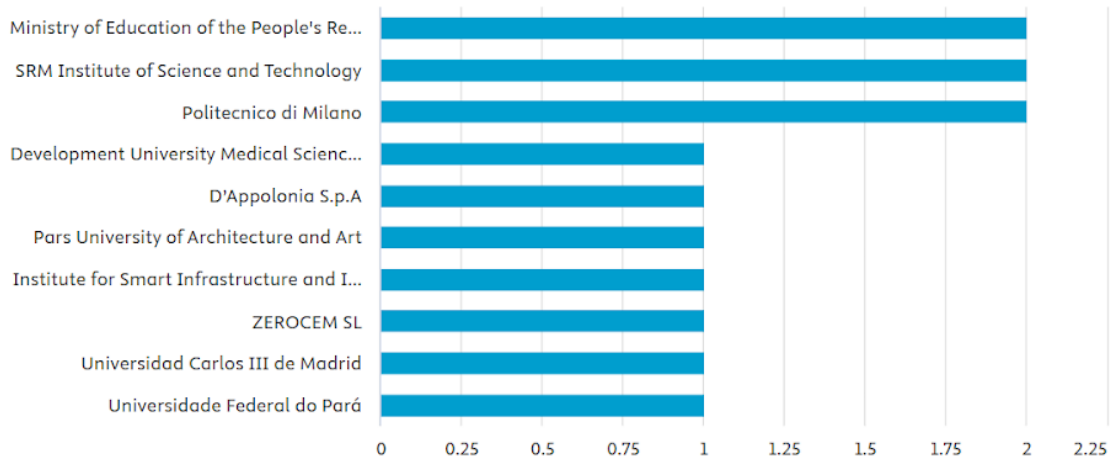


Fonte: Scopus (2025).

4.1.1.5 Análise por periódicos de publicação

A (Figura 18), aborda os principais periódicos que mais contribuíram para a propagação das pesquisas relacionadas com a importância do BIM e a eficiência energética, dessa relação destaca-se com (02 publicações), *Ministry of Education of The People's Republic of China*, *SRM Institute of Science and Technology* e *Politecnico di Milano*.

Figura 18 - Publicações por instituições.

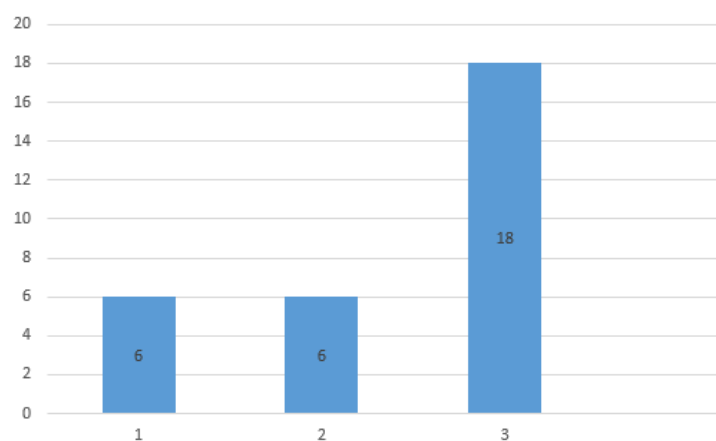


Fonte: Scopus (2025).

Conforme foi exposto, para formalizar o protocolo da RSL foi necessário a elaboração de perguntas norteadoras para melhor entendimento. Diante disso, é possível analisar (figura 19), que existe um certo carecimento de trabalhos que abordem a importância da eficiência em edificações existentes (pergunta um), dentre os 30 artigos analisados apenas seis apresentaram a temática.

De acordo com a pergunta três referentes aos *softwares* BIM ou de eficiência energética que analisem algum tipo de conforto, dentre os 30 artigos estudados, 16 abordaram um ou mais *softwares* de análise.

Figura 19 - Artigos que responderam às perguntas norteadoras.



Fonte: Elaboração própria (2025).

4.1.2 Análise de conteúdos

Em conformidade com a etapa de seleção, critérios estabelecidos de inclusão e exclusão, extração, leitura e análise comparativa de todos os trabalhos, foi proposta a categorização dos trabalhos, visando contribuir para a discussão dos resultados e oferecer uma análise qualitativa e quantitativa das pesquisas, realizada por meio de uma análise de conteúdos de todos os artigos, de modo a entender como que eles têm contribuído para o uso do BIM na avaliação de eficiência energética em edificações existentes.

Os parâmetros selecionados para a criação das questões norteadoras, foram os objetivos e resultados dos trabalhos, identificados após a leitura de todos os trabalhos dos 34 artigos. Dessa forma, foram criadas 03 questões: Questão 01: A importância da eficiência energética em edificações existentes, Questão 2: utilização do BIM para análise de conforto, questão 3: *Software* BIM utilizado na análise de eficiência energética e conforto térmico.

4.1.3 A importância da eficiência energética em edificações existente

Carrasco (2023), aponta que um dos objetivos da arquitetura moderna é a adaptação dos edifícios ao seu entorno. Isso envolve repensar a interação entre um edifício e o ambiente, buscando maior harmonia e menor consumo de energia. No entanto, o conhecimento de arquitetura e planejamento urbano é frequentemente exportado como se fossem produtos de consumo. Por meio do seu trabalho, tinha como principal objetivo otimizar o desempenho da eficiência energética do envelope de um edifício de escritórios na zona tropical, onde foram consideradas diversas melhorias nos telhados e fachadas existentes.

Enquanto, Pekdogan (2024) aborda que as janelas em edificações existentes são de grande importância para melhorar a eficiência energética dos edifícios. Isso pode ser alcançado com a ajuda da regeneração do design das janelas. No contexto mais amplo dos desafios ambientais globais, a melhoria da eficiência energética de componentes de construção, como as janelas, é crucial para reduzir o consumo geral de energia e mitigar os impactos das mudanças climáticas.

Segundo, Waqas (2023) os esforços para melhorar o conforto térmico dos usuários em edifícios podem resultar em superaquecimento se não forem projetados adequadamente, o que, por sua vez, pode levar a problemas de saúde, bem como à emissão contínua de gases de efeito estufa. Onde para fornecer mais informações para contribuir na melhoria dos projetos de

edifícios com eficiência energética, adotou uma nova técnica de modelagem que abrange uma análise completa do modelo 3D do edifício existente, bem como do comportamento da radiação solar sobre os edifícios.

Duarte (2021), assevera que os edifícios representam cerca de 35% do consumo total de energia mundial, o que constitui um problema para a sustentabilidade global. Como o consumo de energia é geralmente necessário para garantir um desempenho adequado na maioria das atividades, devem ser adotadas estratégias de eficiência energética para economizar energia sem comprometer essas atividades.

Nesse sentido, Zhuang (2021), discorre que as questões de desempenho que precisam ser consideradas e otimizadas em Otimização de Processos de Construção (OPC) para edifícios verdes são múltiplas e complexas. O autor indica que o desempenho verde de edifícios pode ser categorizado em três dimensões principais de sustentabilidade: critérios ambientais, critérios econômicos e critérios sociais.

Carvalho (2021), corrobora afirmando que a eficiência energética está relacionada ao desempenho do edifício nas três dimensões da sustentabilidade: De acordo com o autor, os sistemas de Avaliação de Sustentabilidade de Edifícios (BSA, na sigla em inglês) geralmente avaliam um conjunto de características e desempenho energético dos edifícios. Nesse cenário à sustentabilidade dos edifícios é um caminho essencial para alcançar edifícios melhores, mais ecológicos, confortáveis e economicamente viáveis.

4.1.4 A Utilização do BIM para análise de conforto.

Veerendra (2025), retrata que o *software* de modelagem de informações da construção (BIM) auxilia as equipes de projeto na estimativa de custos, na criação de cronogramas específicos e na análise do desempenho energético.

Além disso, o BIM é um facilitador na hora de tomar decisões de maneira que visam a sustentabilidade, possibilita analisar o ciclo de vida da edificação existente avaliando o impacto ambiental e a real eficácia energética da edificação com o passar do tempo.

Em contrapartida, Veerendra (2025), pontua que o uso do BIM em conjunto com estruturas de avaliação de sustentabilidade. A introdução de sistemas de certificação como o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) e o BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) transformou o processo de avaliação de projetos de construção.

Carrasco (2023), A metodologia baseia-se na geração de um modelo BIM 3D semelhante ao edifício existente, a fim de identificar e atribuir materiais aos seus diferentes elementos, como fachadas, telhados, portas, janelas, pisos, mobiliário, etc. Isso permite simular as modificações necessárias para a análise do edifício.

Carrasco (2023), afirma que este *software* serve como uma ferramenta valiosa para o desenvolvimento de projetos de modelos precisos e de alta qualidade.

Duarte (2021), o uso da tecnologia BIM está cada vez mais presente em estudos relacionados à eficiência energética. O *software* BIM pode atribuir informações não gráficas a elementos modelados, como propriedades de materiais, portas, paredes, tetos etc.

Carrasco (2023), aponta que é importante destacar que a utilização de ferramentas BIM durante a fase inicial do projeto é fundamental para o sucesso desta metodologia, uma vez que as simulações de desempenho que serão realizadas em etapas posteriores do projeto utilizam os parâmetros termofísicos atribuídos aos elementos BIM.

Zhuang (2021), aborda que a aplicação do BIM ao projeto de eficiência energética e otimização ambiental enfrenta um problema evidente: a estrutura BIM não foi concebida para integrar facilmente informações e dados de desempenho do edifício.

Carvalho (2021), Entre as aplicações mais conhecidas do BIM, sua conexão com a Modelagem Energética de Edifícios (BEM) tem sido usada para melhorar o desempenho energético dos edifícios.

Al-Saggaf (2020), um dos principais benefícios do BIM é a integração do modelo 3D de um edifício com diversas ferramentas de análise. Os *softwares* BIM podem ser utilizados para modelar elementos físicos da edificação e realizar análises energéticas, possibilitando técnicas de otimização.

4.1.5 *Software* BIM utilizado na análise de eficiência energética e conforto térmico

Veerendra (2025), A utilização de ferramentas de análise como o *Revit* e tecnologias relacionadas permite aos usuários simular de acordo com as instruções e obter resultados precisos. Com esse *software*, será selecionada a opção de construção ideal para proporcionar a atmosfera ideal para a estrutura.

E dividiu por etapas a modelagem, após o desenvolvimento do modelo BIM 3D, diversos parâmetros, incluindo análise de vento, análise solar, análise de radiação solar, simulação e

visualização de análise energética com iluminação natural e simulação de desempenho térmico, são realizados.

Veerendra (2025), afirma que a análise da radiação solar no *software Revit Architecture* é uma ferramenta útil para arquitetos e designers que buscam otimizar o desempenho e a sustentabilidade de edifícios.

Pekdogan (2024), investigou estatisticamente a precisão das estimativas de consumo de energia feitas pelo Autodesk GBS usando o Autodesk Revit em oito parâmetros diferentes. Fez uso do programa de simulação para simular a luz natural e a carga energética é o Rhino para Diva e TAS EDSL. E para a análise da luz natural e térmica foi realizada utilizando o Rhino para Diva para examinar o efeito do tipo de vidro da janela no consumo de energia no estudo de Refaat. Para a análise energética, os casos selecionados foram analisados utilizando o Autodesk Revit e o Green Building Studio.

Sofronievska (2024), modelou de forma detalhada um edifício utilizando o *software BIM* e a simulação energética dinâmica foi realizada com o EnergyPlus em conjunto com a ferramenta Design Builder.

Carrasco (2023), utilizou o *Revit* 2019 para obtenção de um modelo BIM-3D e simulação do seu comportamento térmico utilizando as ferramentas BIM do *software* em questão. Utilizou uma divisão por etapas:

- Etapa 1: Criação do modelo BIM.
- Etapa 2: Simulação da carga térmica.
- Etapa 3: Proposta de soluções economicamente viáveis.

Para criar o modelo BIM, foram utilizados desenhos existentes e medições no local, empregando o *software Autodesk Revit V.2019*. Como método de cálculo alternativo para comparar os dados obtidos no Revit, foi utilizado o *software 'TVR Selection' da TRANE*.

Curto (2023), para elaborar uma análise energética correta, calculou-se a condutância térmica considerando medições realizadas ao longo de um período de 60 dias e procedendo-se ao cálculo da transmitância. Os dados resultantes foram importados para o modelo energético desenvolvido com o *software TERMUS BIM v.52.00f*.

Waqas (2023), utilizou a modelagem de informações da construção em 3D (BIM 3D), que é reconstruída usando o projeto auxiliado por computador (CAD). Os *plugins Ladybug e Honeybee para Grasshopper para Rhino* foram usados para avaliar o desempenho ambiental e do edifício, utilizando o arquivo de energia e clima (EPW) da cidade de Wuhan, China, como estudo de caso.

Fitriani (2022), para analisar o desempenho energético, utilizou-se o *software Revit* integrado ao *Green Building Studio*.

Krishnaraj (2021), utilizou o *Autodesk Revit* para estudar um edifício residencial para aprimorar a sustentabilidade, introduzindo o conceito de energia sustentável. A planta 2D do edifício foi criada utilizando o *software AutoCAD*. O *software SketchUp* foi utilizado para a modelagem 3D do edifício, que foi então renderizada no *Autodesk Revit*.

Birgonul (2021), utilizou dados BIM existentes durante a fase de ocupação. Além disso, a pesquisa discute o potencial de otimizar a eficiência energética e maximizar o conforto simultaneamente, utilizando o banco de dados BIM existente e informações em tempo real. *Software* é uma definição exclusiva para Revit-Dynamo.

Duarte (2021), utilizou o *software Revit Architecture*, que incorpora a tecnologia BIM. Após a modelagem das salas de aula, a ferramenta de iluminação Insight 360 foi utilizada para realizar simulações de iluminação natural nesses modelos, que mostraram os níveis de iluminância (em lux) da luz natural (exclusivamente) em diferentes pontos ao longo das salas, em diferentes datas e horários. Com esses resultados, a análise do conforto visual foi feita com base na norma ISO/CIE 8995-1 (2013).

No diagnóstico das condições térmicas, em vez de realizar as simulações diretamente no EnergyPlus, optou-se por utilizar o *software DesignBuilder*.

Zhuang (2021), utilizou a plataforma *Autodesk Revit* (V2019.2) como camada interna, o banco de dados MySQL (V5.7) como camada externa e a plataforma Rhino.Inside (V0.0.7668) como camada intermediária para desenvolver as ferramentas de projeto de eficiência energética e otimização ambiental.

Carvalho (2021), para avaliar a categoria de eficiência energética utilizou o SBTTool PT-H. O *Cypetherm REH* (versão 2020d, Cype, Portugal) foi selecionado para realizar a análise energética. A primeira etapa da pesquisa consistiu na criação dos modelos BIM na plataforma *Autodesk Revit* (versão 2019).

Utkucu (2020), utilizou o *Autodesk Revit*, *Dynamo*, *Project Fractal*, *Insight 360*, *Autodesk CFD* e *QUEST*. Um estudo de caso foi realizado de acordo com a estrutura proposta, utilizando uma hipotética casa residencial de dois andares a ser projetada de acordo com as condições locais de Nigde, na Turquia.

Al-Saggaf (2020), fez uso do *Autodesk Ecotect Analysis* é uma ferramenta de simulação energética utilizada para realizar uma ampla gama de simulações preliminares abrangentes de desempenho energético de edifícios e é altamente compatível com softwares BIM 3D, como o *Autodesk Revit Architecture*.

Petri (2017), utilizou como a Modelagem da Informação da Construção pode ser utilizada para abordar a eficiência energética em edifícios na fase de operação, contribuindo significativamente para o alcance das metas de emissões de carbono e fez uso do *software* EnergyPlus.

Shoubi (2015), utilizou o *Revit Architecture* 2012. Após a simulação, para a integração entre o *Revit* e a ferramenta de modelagem energética (*software Autodesk Ecotect Analysis*), foi necessário criar zonas para representar as diversas partes do edifício. Sem a criação de zonas no *Revit Architecture*, a energia dos diferentes espaços do edifício não pode ser modelada. Após a modelagem, os resultados do *Revit* devem ser exportados para o *software* de análise *Autodesk Ecotect*, uma das maiores ferramentas de simulação energética da *Autodesk*, para modelagem energética.

Wang (2015), fez uso de um sistema robótico híbrido inovador foi desenvolvido, integrando dois *scanners a laser* 2D e um IR câmera (320 x 240 pixels). onde o principal objetivo era investigar uma metodologia não invasiva de modelagem térmica 3D de criação automática de modelos BIM as-built de edifícios residenciais existentes para simulação de energia de edifícios.

4.1.2.1 Principais softwares BIM

De acordo com a análise realizada nos artigos selecionados, os principais softwares BIM utilizados para a análise térmica são: a) Autodesk Insight; b) EnergyPlus; c) Autodesk Ecotect Studio; d) Sustainable Building Tool (SBTool).

Segundo a Autodesk (s.d), o software Insight capacita arquitetos e engenheiros a projetarem edifícios com maior eficiência energética com mecanismos de simulação avançados e dados de análise de desempenho de edifícios integrados no software Revit. O software Insight encontra-se em concordância às metas de sustentabilidade e requisitos de relatórios para o Compromisso AIA 2030 e outras iniciativas de construção verde com o Insight.

Os principais recursos oferecidos pelo software Insight são: melhor desempenho da construção, feedback em tempo real, integração do fluxo de trabalho BIM, análise de iluminação natural, simulação de energia térmica e pôr fim a análise dos cálculos de carga total de aquecimento e resfriamento do edifício com o método de balanço de calor EnergyPlus.

De acordo com o próprio idealizador do software EnergyPlus™ (s.d), ele é um programa que simula a energia de edifício inteiro. Com ele engenheiros, arquitetos e pesquisadores podem modelar tanto o consumo de energia para aquecimento, resfriamento, ventilação, iluminação e

cargas de *plug and process* quanto para o uso de água em edifícios. Os recursos principais ofertados são pelo *EnergyPlus* são: solução baseada no balanço térmico de efeitos radiantes e convectivos que produzem conforto térmico em temperaturas de superfície e cálculos de condensação. Modelos avançados de fenestração, incluindo persianas controláveis, vidros eletrocromáticos e balanços de calor camada por camada que calculam a energia solar absorvida pelos vidros das janelas. Cálculos de iluminância e ofuscamento para relatar conforto visual e controles de iluminação de direção.

O Green Building Studio é incluído como um direito quando se adquire o Ecotect Analysis com assinatura. O Ecotect Analysis é a parte de desktop e o Green Building Studio é a parte da oferta de análise de Ecotect baseada na Web. O Green Building Studio e o Ecotect Analysis podem compartilhar o mesmo arquivo gbXML exportado do arquivo do software Revit ou de outras ferramentas de BIM (Autodesk, s.d).

O Sustainable Building Tool (SBTOOL), é uma ferramenta que permite reconhecimento, avaliação e certificação sustentável de edificações. O SBTool é um sistema internacional capaz de realizar avaliações e classificar o desempenho de uma edificação, em concordância com os níveis de referências.

4.2 PROPOSTA DO MAPA DE PROCESSOS DE MODELAGEM

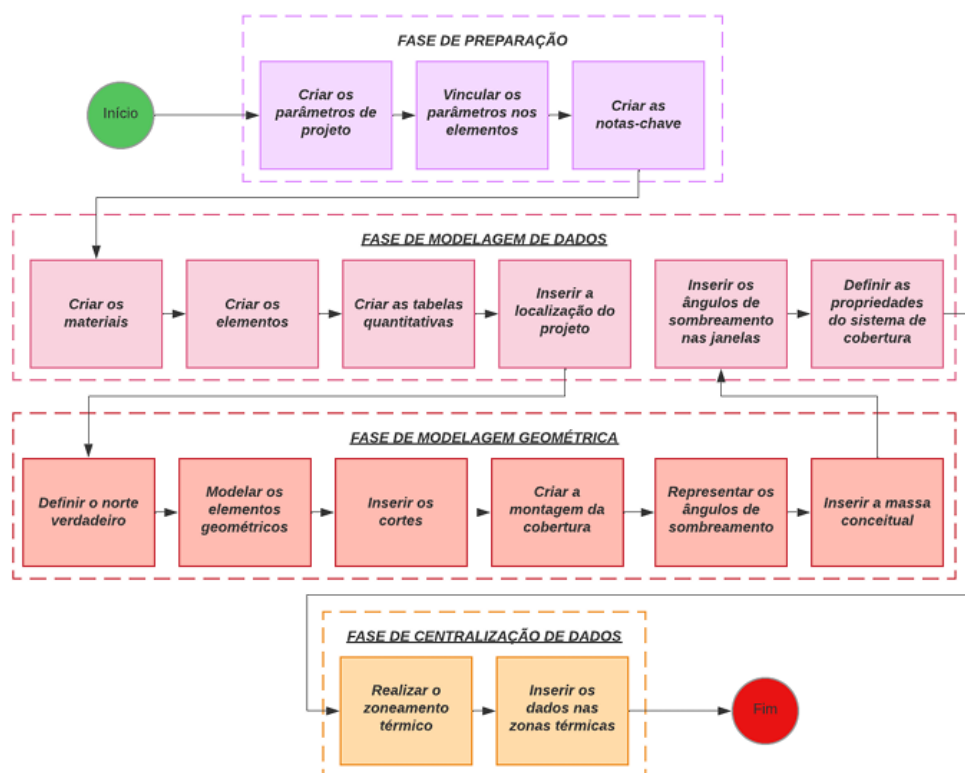
Entendendo-se que um mapa de processos descreve o fluxo de atividades dentro de um determinado tópico, buscando entender como o trabalho é realizado, quem são os envolvidos e quais as informações são necessárias. Para o desenvolvimento da proposta de mapa de processos de modelagem BIM para projeto *As Built*, para uso análise térmica, utilizou-se dois estudos de referências, encontrados na revisão da literatura: a) Análise da aplicação de BIM na avaliação simplificada de eficiência energética da envoltória pela INI-C (Muta, 2022); b) Sustentabilidade em projetos arquitetônicos com a utilização da tecnologia BIM (Ribeiro, 2024).

4.2.1 Muta (2022)

O trabalho desenvolvido por Luís Filipe Muta (2022), tem como objetivo analisar a aplicação de BIM na avaliação de eficiência energética da envoltória pelo método simplificado da INI-C. Nessa pesquisa o autor identificando a importância do processo de modelagem no uso a que o modelo se destina, desenvolveu um mapa de processos com diretrizes de modelagem BIM com foco na avaliação de eficiência energética da envoltória (figura 20). As

diretrizes foram divididas em quatro fases, são estas: preparação; modelagem de dados; modelagem geométrica; e centralização de dados.

Figura 20- Diretrizes de modelagem BIM para avaliação de eficiência energética.

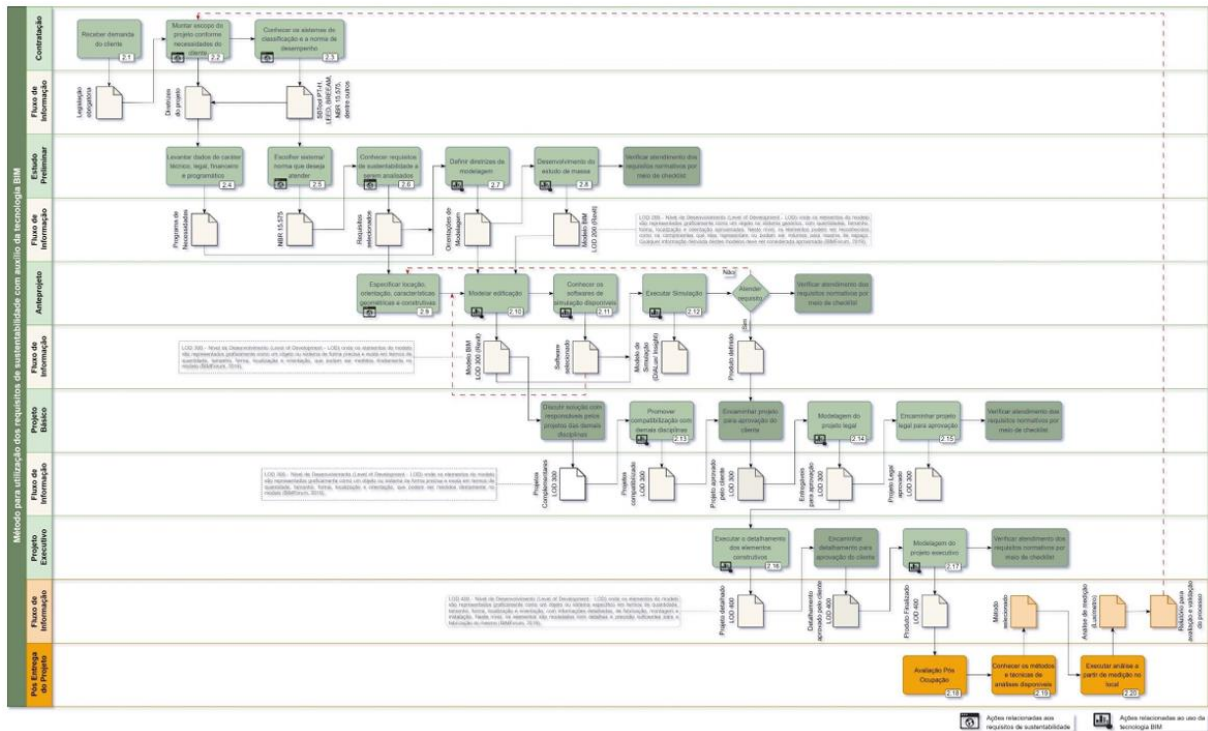


Fonte: Muta (2022).

4.2.2 Ribeiro (2024)

O trabalho desenvolvido por Luciana Mendes Ribeiro (2024), tem como objetivo estudar a utilização da modelagem da construção através da tecnologia BIM, como ferramenta auxiliar de análise, durante o desenvolvimento de um projeto arquitetônico, com o propósito de encontrar soluções que possam agregar a sustentabilidade ambiental às características construtivas das edificações, alinhado com as metas do ODS 11 e do ODS 9. Nessa pesquisa a autora propôs um método para auxiliar os profissionais, atuantes na elaboração de projetos arquitetônicos, quanto a escolha de requisitos de sustentabilidade a serem adotados em suas práticas projetuais, associado ao uso da tecnologia BIM, como ferramenta de simulação e análise (figura 21).

Figura 21– Método para projetos arquitetônicos sustentáveis com uso do BIM.



Fonte: Ribeiro (2024).

Importante destacar que o mapa de processos de Ribeiro (2024) também contempla uma etapa de - Definir diretrizes de modelagem. De forma sucinta, essa etapa lista a escolha do software, a divisão do processo de modelagem por disciplinas, a definição do Nível de Desenvolvimento (LOD) e a utilização de um modelo previamente configurado (Template).

4.2.3 Desenvolvimento do mapa de processos

Com base nesses dois estudos de referência iniciou-se o desenvolvimento do mapa de processos de modelagem BIM para projeto *As Built*, para uso análise térmica. A primeira etapa correspondeu a elaboração de um cluster, através de um brainstorm dos termos relevantes para o mapa de processos em questão (figura 22).

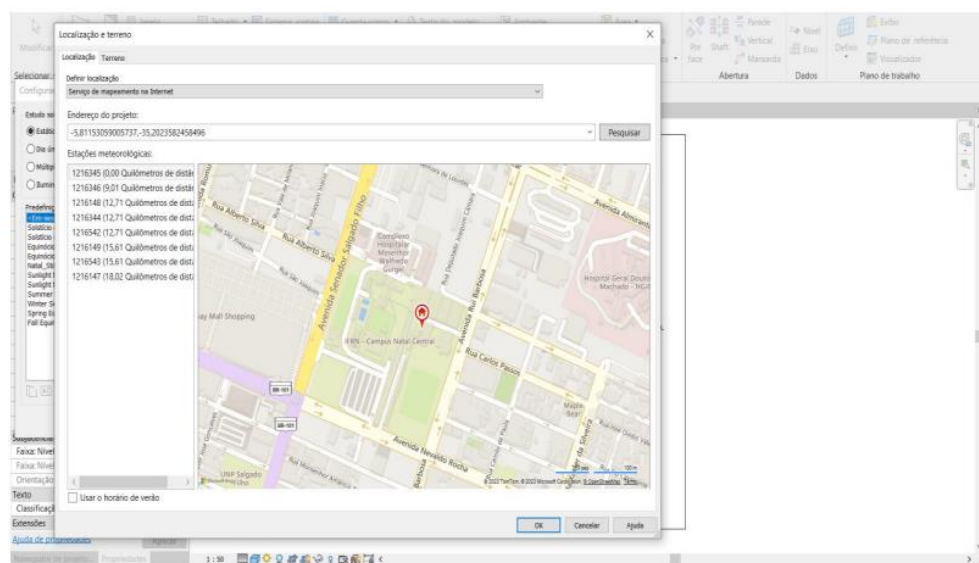
Figura 22 Cluster dos termos relevantes para o mapa de processos.



Fonte: Elaboração própria (2024).

Na etapa seguinte buscou-se compreender como cada um dos termos se insere no mapa de processos e pode ser desenvolvido, como exemplo, destaca-se a inserção das coordenadas de localização da edificação (figura 23), no software *Revit* da *Autodesk*.

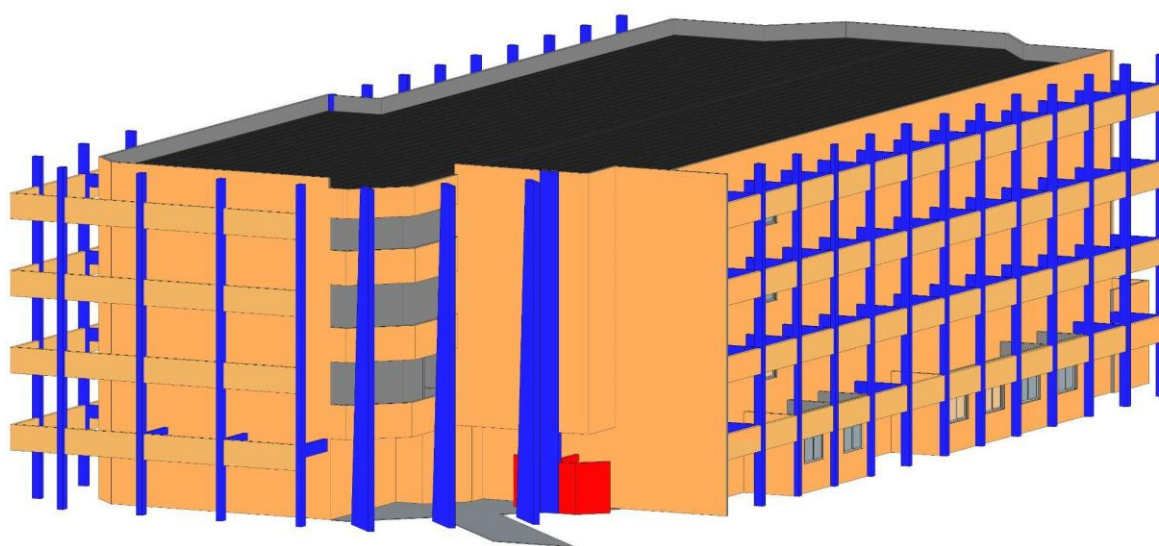
Figura 23 - Inserção das coordenadas.



Fonte: Elaboração própria (2024).

Ainda na intenção de ampliar a compreensão de cada termo, tem-se como outro exemplo a modelagem da edificação no software Revit (figura 24), com base em projeto CAD e após levantamento *in loco* para *As Built*. Referente a edificação escolhida NIT - Núcleo de Inovação Tecnológica localizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), campus Natal-Central, foi criado em 2011, em conformidade com a Lei nº 10.973/2004, conhecida como Lei de Inovação. O perfil multidisciplinar do IFRN engloba pesquisas em diversas áreas do conhecimento e, nesse contexto, o NIT gerencia a política de inovação do Instituto auxiliando os pesquisadores em todo o processo de proteção da propriedade intelectual dos seus projetos.

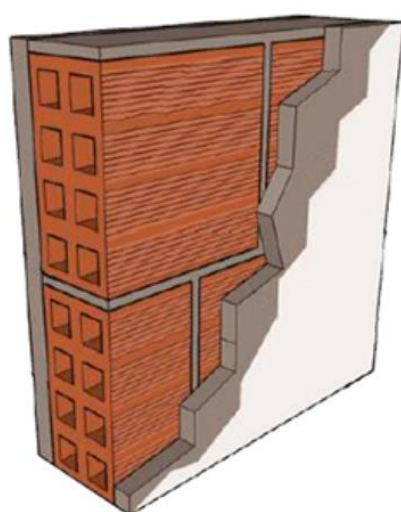
Figura 24- Modelagem arquitetônica 3D inicial do prédio NIT-IFRN.



Fonte: Elaboração própria (2024).

Com relação aos parâmetros a serem inseridos nos objetos que compõem a modelagem da edificação no software Revit, se faz necessário: a) definir os parâmetros; b) coletar as informações de cada parâmetro; c) inserir parâmetros e informações. Como sugestão para obtenção das informações tem-se a plataforma nacional Projeteer – Projetando Edificações Energeticamente Eficientes, que agrupa soluções para um projeto de edifício eficiente. (A figura 25), mostra exemplo de informações necessárias ao modelo BIM.

Figura 25 – Informações para parâmetros.



Paredes

Argamassa interna 2.5 cm | Bloco cerâmico 9x19x19 cm | Argamassa externa 2.5 cm

Resistência

0.42 $\text{m}^2\text{K/W}$

Transmitância

2.37 $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$

Atraso Térmico

3.3 h

Capacidade Térmica

151 $\text{kJ/m}^2\text{K}$

Fonte: projeteee (2025).

5 ANÁLISE CONFORTO TÉRMICO E RESULTADOS

Segundo a ASHRAE 55 (2013), o conforto térmico é um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa. Se o balanço de todas as trocas de calor a que está submetido o corpo for nulo e a temperatura da pele e o suor estiverem dentro de certos limites, pode-se dizer que o homem sente conforto térmico.

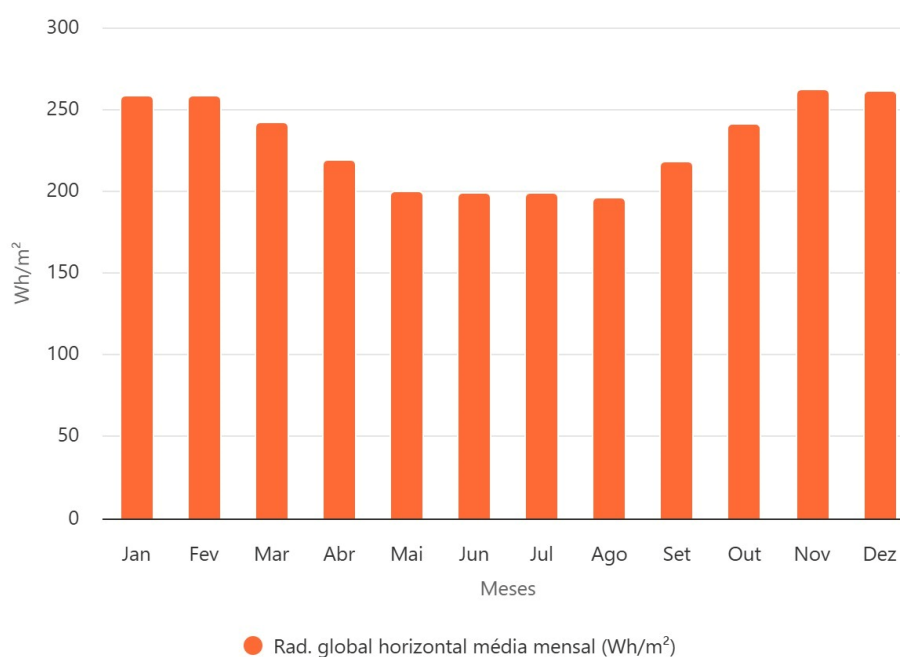
Lamberts (2014), aborda que o ser humano é homeotérmico, onde a temperatura interna do seu organismo tende a permanecer constante independente das condições do clima. Mas é de suma importância pontuar que sempre haverá trocas térmicas entre o corpo humano e o meio,

essas trocas podem ocorrer por condução, convecção, evaporação e respiração. Esses processos dependem diretamente de algumas variáveis de conforto térmico.

Nessa conjuntura, Lamberts (2016), pontua que o conforto térmico se refere ao estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda. A não satisfação pode ser causada pela sensação de desconforto pelo calor ou pelo frio, quando o balanço térmico não é estável, ou seja, quando há diferenças entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido para o ambiente.

A cidade de Natal/RN apresenta um clima quente e úmido durante o ano todo, com temperaturas médias entre 23,4°C e 26,4°C e alta umidade (cerca de 80%), o que gera sensação térmica de morna a desconfortável. Conforme dados apresentados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), do ano de 2016 (Figura 26), os dados climáticos apresentados no gráfico de radiação média mensal de janeiro a dezembro, variou entre 258,4 Wh/m² a 261,03 Wh/m².

Figura 26 – Informações para parâmetros.



Fonte: INMET, 2016.

Compreender a trajetória solar é de extrema importância para se ter o controle da radiação solar sobre as edificações. Na fase de implantação projetual se faz de grande utilidade para a elaboração de aberturas, estratégias de sombreamento e como fazer o melhor uso de materiais isolantes.

5.1 ANÁLISE CONFORTO POR MEIO DA CÂMERA DE IMAGEM TÉRMICA

Para a realização das medições *in loco* da edificação foi utilizada uma câmera de imagem térmica manual HIT-02 (Figura 27), essa câmera combina as funções de medição de temperatura de superfície e imagem térmica em tempo real. Assim sendo, na HIT-02 o fundo de reflexão ajuda a melhorar a precisão da medição de superfície semi-reflexiva. Como unidade de medida, a câmera de imagem térmica utiliza o grau *Celsius* (°C), que é a unidade de medida de temperatura mais utilizada no mundo.

Figura 27 - câmera de imagem térmica manual HIT-02



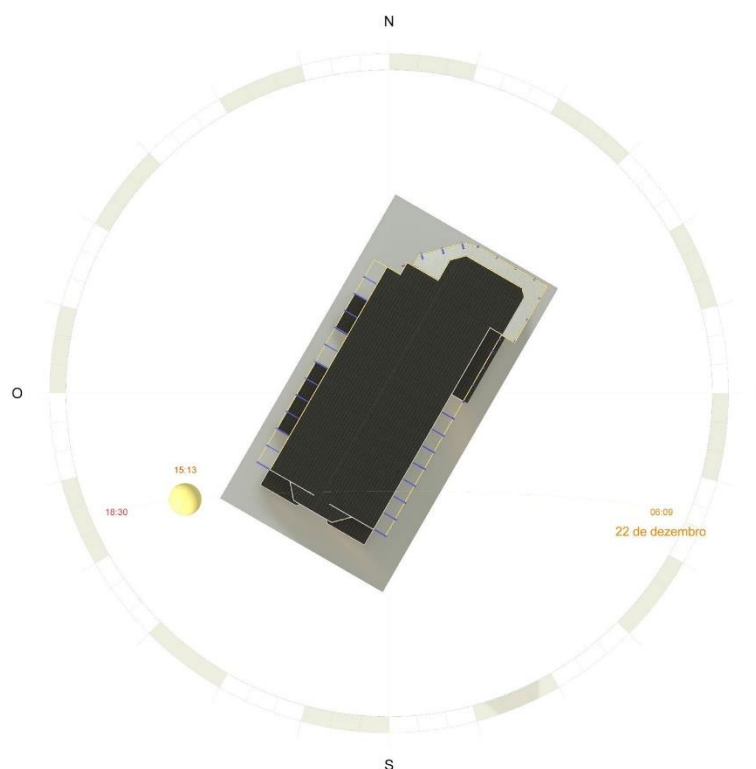
Autoria Própria, 2025.

As medições *in loco* foram realizadas no dia 22 de dezembro (um dia após o início do solstício de verão), de 2025 no horário das 15 horas. Na cidade de Natal/RN a previsão indicava um cenário de muito sol e calor intenso ao longo de todo o dia. A temperatura estava entre 30°

C e 32°C. Diante disso, durante todas as medições o sol estava forte e não havia possibilidade de chuvas isoladas nem rápidas.

Visando o melhor entendimento da localização das fachadas analisadas, foi elaborada uma planta de cobertura indicando os pontos cardeais (Figura 28).

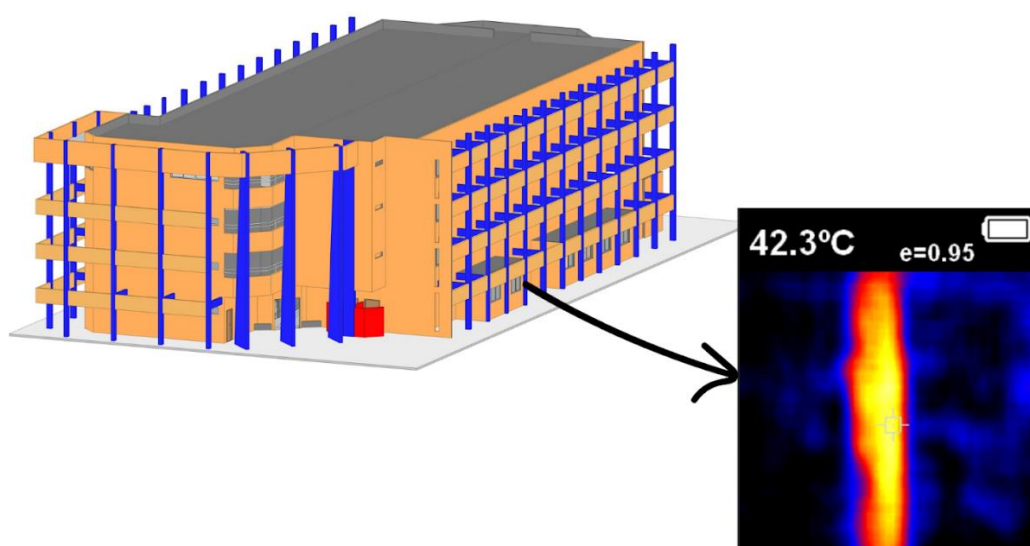
Figura 28 - Planta de cobertura indicando os pontos cardeais.



Autoria Própria, 2025.

As medições se iniciaram por toda a fachada lateral Noroeste (Figura 29), conforme apresentado na figura 03, obteve-se uma medição de 42.3°C. Toda fachada lateral e o seu envoltório possuem revestimento cerâmico alaranjado, somente os pilares possuem um tom azulado.

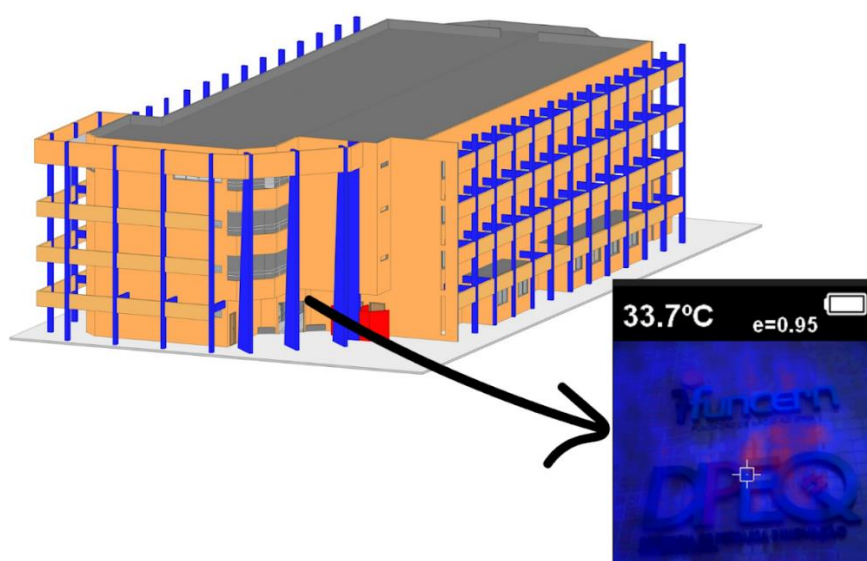
Figura 29 - Análise da fachada Noroeste.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

Por conseguinte, a análise seguiu por toda fachada frontal Nordeste da edificação (Figura 30), e conforme a imagem apresentada pela câmera obteve-se uma temperatura de 33.7°C. Toda fachada frontal possui revestimento cerâmico alaranjado.

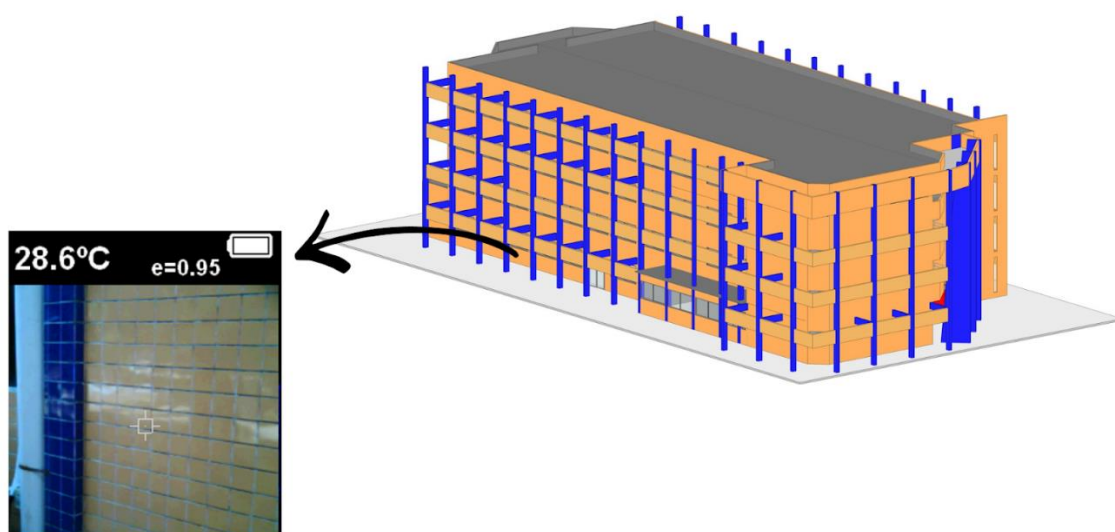
Figura 30 - Análise da Fachada Frontal Nordeste.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

Conforme o resultado apresentado pela câmera de imagem térmica a fachada lateral Sudeste (Figura 31), apresenta uma temperatura um pouco mais baixa de 28.6°C, comparado com o resultado das demais fachadas analisadas.

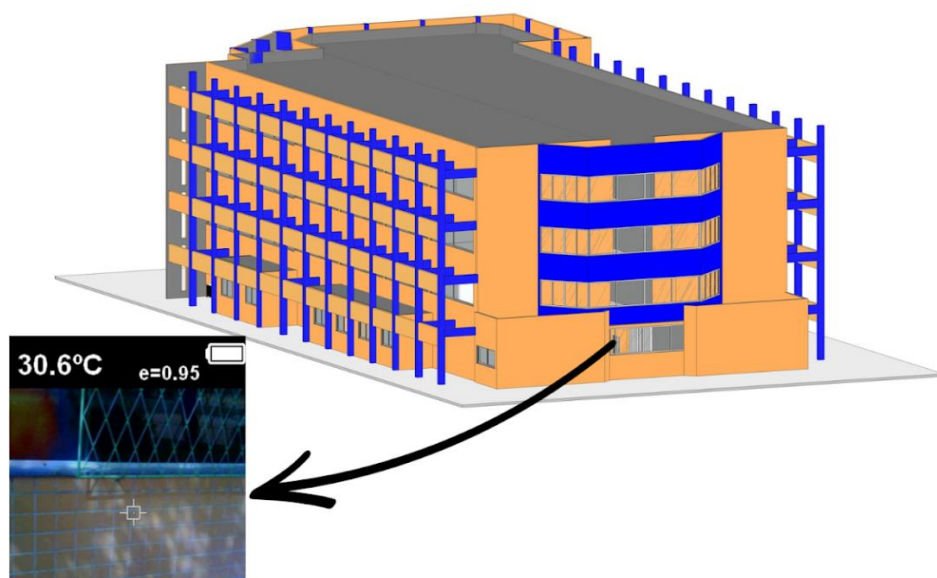
Figura 31- Análise da fachada Sudeste.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

E por fim, a última fachada analisada foi a posterior Sudoeste (Figura 32), de acordo com a imagem apresentada pela câmera térmica teve-se 30.6°C.

Figura 32 - Fachada de Fundo Sudoeste.

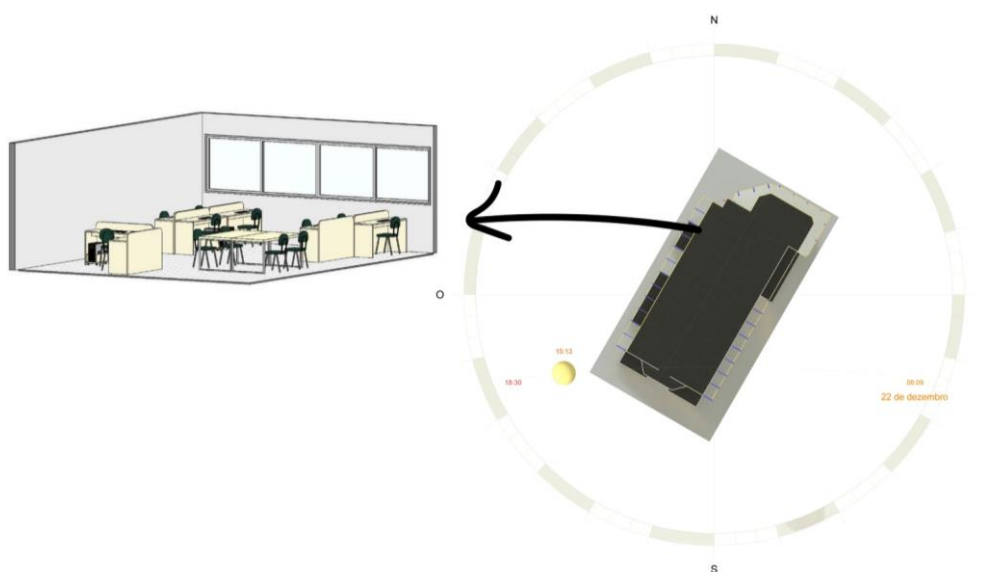


Fonte: Autoria Própria, 2025.

Visando o melhor entendimento do conforto térmico interno da edificação, uma sala foi analisada utilizando a câmera de imagem térmica manual HIT-02. Durante a modelagem foram inseridas as medidas obtidas na visita *in loco*.

A sala possui 48,54 metros quadrados e está localizada na fachada lateral Noroeste (Figura33), a sala possui 3 metros quadrados de pé direito, a entrada da sala se dá por meio de uma porta de correr de vidro transparente sem soleira, apenas com os trilhos de inox. E a única janela de vidro transparente de correr possui 5,89 metros de largura por 1,28 metros de altura, sem nenhuma película externa de proteção solar e com peitoril de 1,07 metros em granito cinza andorinha.

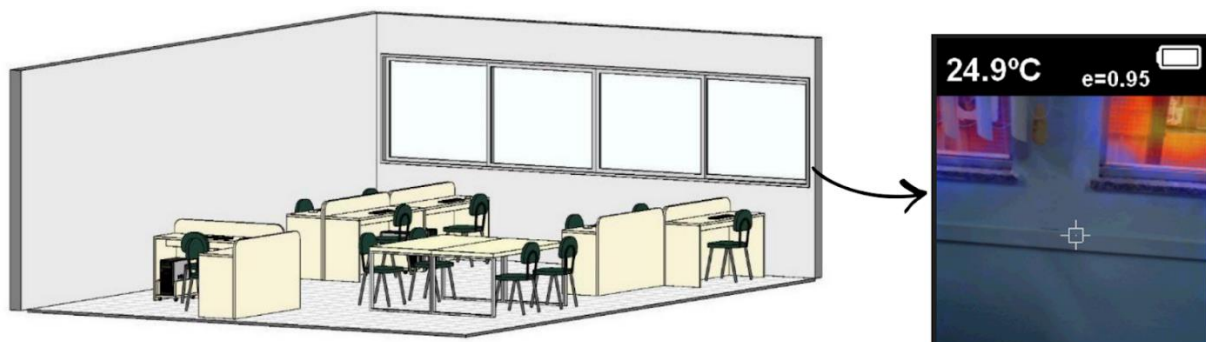
Figura 33 – Localização da sala 13.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

A janela da sala é horizontal e espalhada pela parede (Figura 34), sendo assim, ela distribui mais uniformemente a luz natural. Durante a análise *in loco* a sala encontrava-se vazia apenas com a pesquisadora no ambiente, e apresentou uma temperatura de 24.9°C.

Figura 34 - Análise térmica da sala 13.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

É importante mencionar que de acordo com a medição realizada pela câmera térmica a sala estava fazendo uso de ventilação mecânica auxiliar, onde o aparelho encontrava-se em 23°C.

5.2 ANÁLISES E RESULTADOS DO *INSIGHT SOLAR ANALYSIS*

O *Insight Solar Analysis* é um *plugin* que simula a análise e a eficiência energética em toda fase projetual ou em edificações existentes aplicada ao clima brasileiro, explorando as funcionalidades e as possíveis limitações com base nas análises e resultados obtidos. O *plugin* oferece diversas configurações automatizadas e o método de cálculo ocorre dentro do próprio *Revit*. Para a obtenção dos resultados da insolação cumulativa é necessário a inserção correta da localização do projeto e uma modelagem precisa.

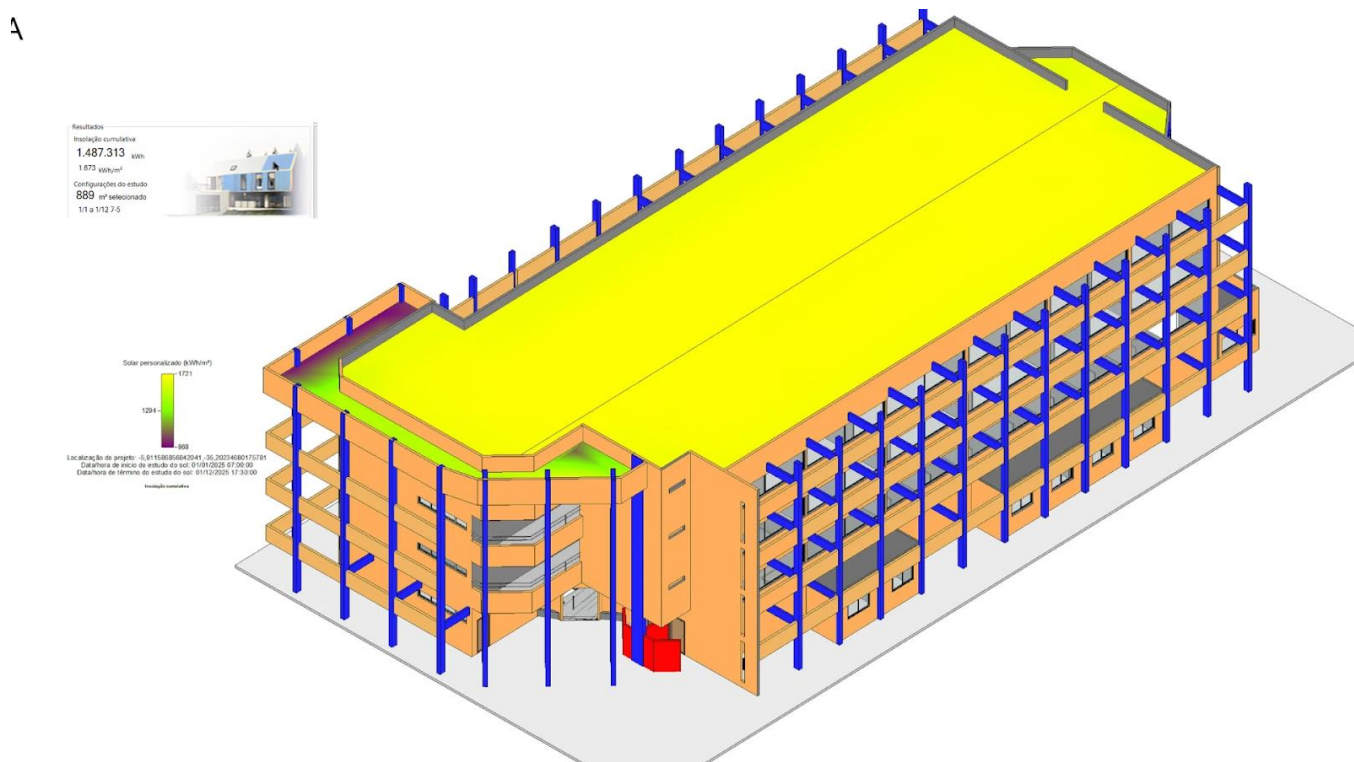
Para realizar a análise solar da edificação do NIT-IFRN foi selecionada a opção personalizada, onde é possível criar seus próprios tipos de análise personalizados, especificando seu próprio intervalo de data e hora, seleção de superfície, tipos de resultado e estilo de visualização.

O início das análises se deu pela cobertura (Figura 35), kWh (quilowatt-hora) é a unidade padrão para medir o consumo de energia elétrica, selecionando apenas o metro quadrado. A cobertura é parcialmente em telha fibrocimento ondulada em formato de telhado borboleta e na parte do envoltório da fachada frontal é composta por uma laje de concreto.

Conforme o gráfico apresentado dos resultados de insolação cumulativa de acordo com kWh/m², considerando a localização exata da edificação existente, o período de (01/01/2025 a 01/12/2025) e o horário do nascer ao pôr do sol.

O gráfico dos resultados de insolação cumulativa aponta como mínimo 868 kWh/m² e o máximo de insolação 1721 kWh/m². A cobertura de modo geral é principalmente de telha de fibrocimento, que recebe a máxima irradiação solar, sendo 1721 kWh/m² ao longo de todos os dias e horários selecionados, apenas uma parte da laje encontra-se no modo intermediário de irradiação, variando entre 868 kWh/m² e 1294 kWh/m².

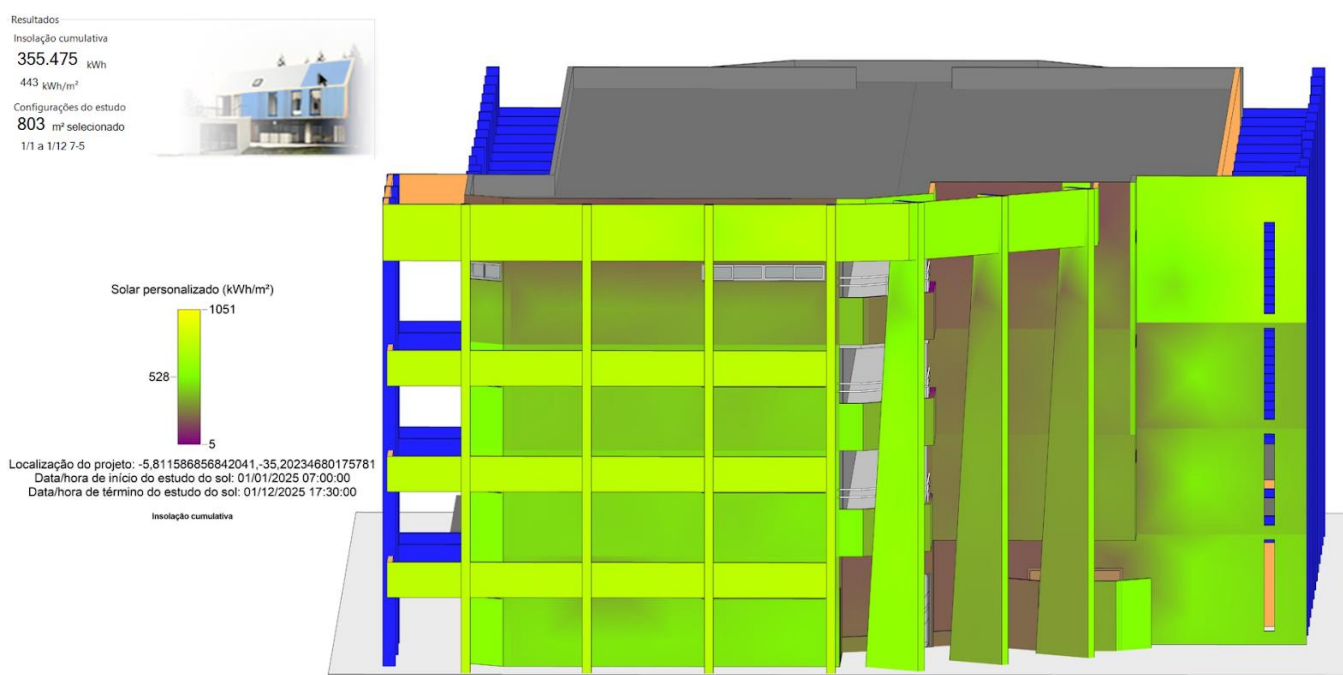
Figura 35- Análise térmica da cobertura.



Fonte: Revit Insight Solar Analysis, 2025.

Por conseguinte, a análise foi realizada em toda fachada frontal Nordeste (Figura 36) e seu envoltório composto por vigas e pilares, todos os elementos possuem revestimento cerâmico na cor alaranjada. Conforme o gráfico de insolação cumulativa a fachada frontal ficou em um nível intermediário de insolação variando entre 528 kWh/m² e 1051 kWh/m².

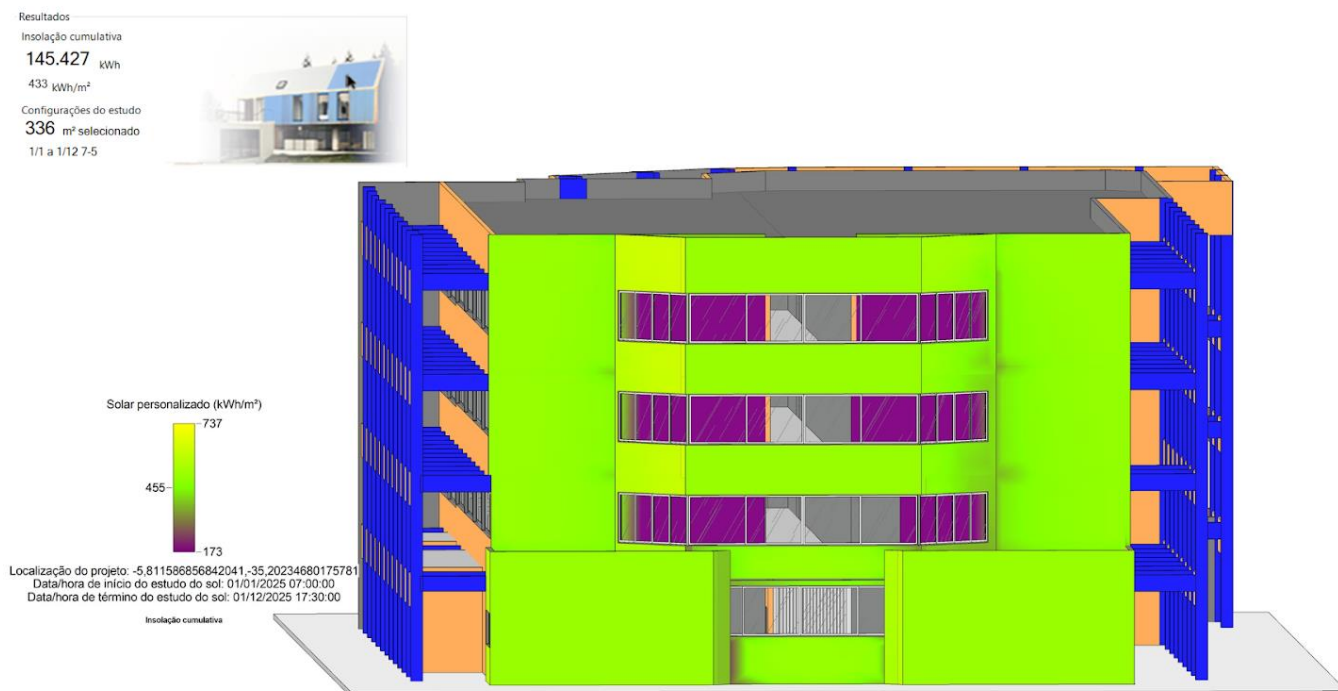
Figura 36 - Análise térmica da fachada frontal Nordeste.



Fonte: Revit Insight Solar Analysis, 2025.

A fachada posterior Sudoeste também apresenta revestimento cerâmico alaranjado com amplas esquadrias de alumínio e vidro. (Figura 37), conforme o gráfico do *Insight Solar Analysis* a insolação cumulativa externamente apresentou um nível intermediário que variou entre 455 kWh/m² e 737 kWh/m².

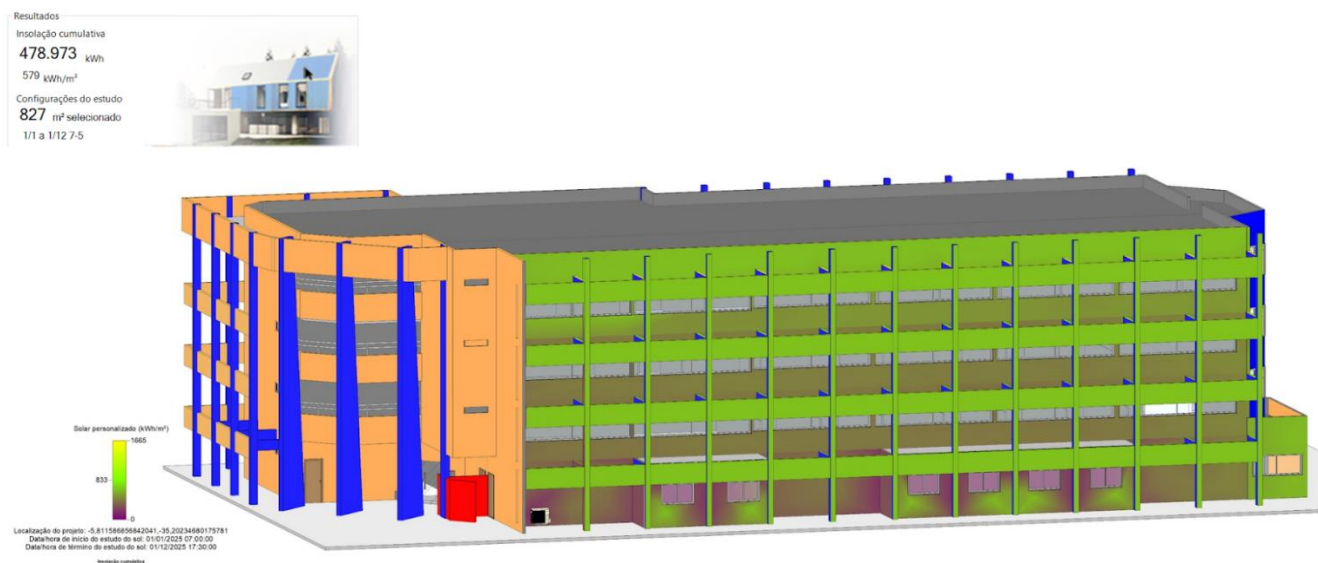
Figura 37- Análise térmica posterior Sudoeste.



Fonte: *Revit Insight Solar Analysis*, 2025.

A fachada lateral Noroeste (Figura 38), ao longo dos meses de 2025 apresentou altos níveis de insolação cumulativa. A fachada é revestida de cerâmica alaranjada e possui vigas e pilares em todo o seu envoltório lateral, de forma indireta e direta eles atuam como uma barreira física no quesito de isolamento térmica. O gráfico do *Insight Solar Analysis* apresentou um nível intermediário de 833 kWh/m² variando entre 1665 kWh/m².

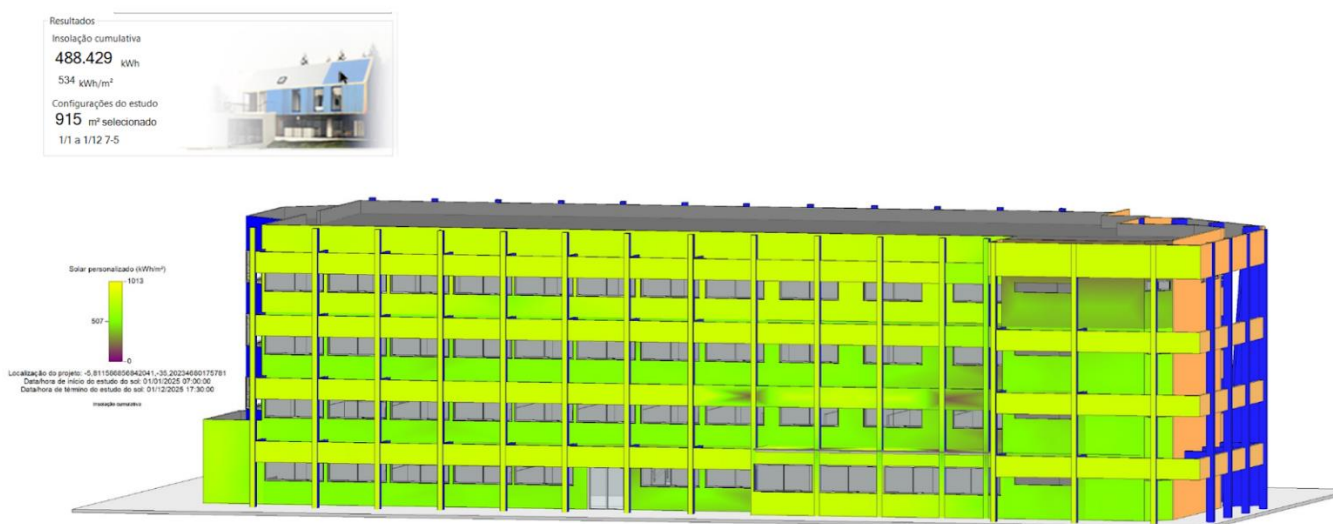
Figura 38 - fachada lateral Noroeste.



Fonte: *Revit Insight Solar Analysis*, 2025.

E por fim a última análise foi realizada na fachada lateral Sudeste (Figura 39), conforme apresentado no gráfico do *Insight Solar Analysis* apresentou um nível intermediário em *quilowatt-hora* por metro quadrado de 507 a 1013 kWh/m². É de suma relevância mencionar que essa fachada passa a maior parte do tempo sendo sombreada e recebe pouca insolação ao longo dos meses. Todo o seu envoltório lateral é revestido por cerâmica alaranjada e os seus demais elementos construtivos como pilares e vigas.

Figura 39- fachada lateral Sudeste.



Fonte: *Revit Insight Solar Analysis, 2025.*

Os resultados referentes à análise de insolação cumulativa através do *plugin Insight Solar Analysis* tiveram grande variação quando avaliado de maneira individual referente a cada fachada e cobertura. O *plugin* apresenta grande utilidade para projetos de arquitetura e análises de insolação térmica ao longo do ano. Assim sendo, conclui-se que a edificação recebe intensa insolação no decorrer dos solstícios e equinócios o que impacta diretamente no conforto térmico interno da edificação.

5.3 ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS

Diante do exposto, é de suma importância pensar em estratégias bioclimáticas visando aprimorar o conforto térmico ao longo do ano. Conforme apresentado no gráfico (Figura 40), 73% do ano é representado por desconforto por calor, 27% do ano em conforto térmico e apenas 1% do ano em desconforto por frio.

Figura 40 - Condições de conforto em Natal/RN.



Fonte: projeteee, 2026.

Assim sendo, diante da importância de um projeto arquitetônico que garanta a qualidade do conforto térmico visando o bem-estar dos usuários, o presente trabalho apresentou uma proposta de mapa de processos para a análise de desempenho térmico com a utilização de tecnologias BIM.

As medições *in loco* para análise térmica de maneira manual foram fundamentais para garantir um melhor entendimento da temperatura externa e interna da edificação. Como limitações da pesquisa, pode-se elencar ter se tratado de apenas um estudo de caso, de modo que se sugere para trabalhos futuros, que o mapa de processos seja aplicado em outras salas do prédio NIT e/ou outros ambientes. Sendo assim, o mapa de processos servirá como guia para diversas experimentações de maneira virtual ou *in loco* para arquitetos e engenheiros que visam utilizar a tecnologia BIM para a análise de desempenho térmico de qualquer ambiente.

5.4 RESULTADOS DAS ANÁLISES E MEDIÇÕES

As tabelas seguintes correspondem aos resultados das análises feitas *no insight solar analysis* referentes aos dias 01 de janeiro de 2025 a 31 de dezembro de 2025 (Quadro 04), por conseguintes, análises feitas no dia 22 de dezembro de 2025 medições *in loco*.

Os resultados apresentados por meio da análise solar do *plugin insight solar* é dado por meio de um gráfico em coluna gradiente que alterna entre o mínimo, médio e máxima insolação cumulativa.

Quadro 4 – Análises 01/01/25 – 01/12/25.

ANÁLISES 01/01/2025 - 31/12/2025	
INSOLAÇÃO CUMULATIVA AO LONGO DOS DIAS (kWh/m²)	
COBERTURA	1294 kWh/m²
FACHADA FRONTAL NORDESTE	528 kWh/m²
FACHADA LATERAL NOROESTE	833 kWh/m²
FACHADA POSTERIOR SUDOESTE	455 kWh/m²
FACHADA LATERAL SUDESTE	507 kWh/m²

Fonte: Autoria Própria, 2025.

Os resultados relativos à análise do plugin insight solar *analysis* tiveram algumas variações significativas principalmente no resultado médio, o que era de se esperar a variação de parâmetro. Variando entre 455 kWh/m² na fachada Sudoeste e 833 kWh/m² na fachada lateral Noroeste.

Quadro 7 – Análises da visita *in loco*.

ANÁLISE <i>in loco</i> 22/12/2025	
SALA 13	24.9° C
FACHADA FRONTAL NORDESTE	33.7° C
FACHADA LATERAL NOROESTE	42.3° C
FACHADA POSTERIOR SUDOESTE	30.6° C

ANÁLISE <i>in loco</i> 22/12/2025	
FACHADA LATERAL SUDESTE	28.6° C

Fonte: Autoria Própria, 2025.

Para um ambiente interno, que apresenta amplas esquadrias de vidro e como alternativa bioclimática fazer uso de persianas e de ventilação mecânica auxiliar, ar-condicionado. A sala encontrava-se com o ar-condicionado ligado e apresentou a temperatura de 24.9°C, a parede situa-se na fachada lateral noroeste que ao longo dos meses apresentou uma insolação cumulativa de 579 kWh/m² ao ano.

Carmo (2022), aborda pontos interessantes em suas análises concluiu que a ferramenta *Insigth Solar Analysis* é relevante para o processo de projeto de arquitetura, possuindo complexidade compatível com usuários não especializados na área de eficiência energética. Nessa conjuntura é de suma relevância pontuar que disponibilidade do *download* do *plugin* é de difícil acesso, o *link* para fazer *download* é de difícil acesso e para encontrar somente em buscas específicas em usuários cadastrados na plataforma.

Carmo (2022), pontua que em relação ao *Insight*, objeto do trabalho, de maneira geral pode-se dizer que é uma ferramenta de visualização de impactos de decisões projetuais, não sendo indicada para análises de precisão relativas à eficiência energética, uma vez que seus resultados não entregam parâmetros exigidos pelas normas brasileiras, como temperaturas.

As duas menores temperaturas em graus Celsius identificadas, através das medições *in loco* por meio da câmera térmica foram nas fachadas Sudeste e Sudoeste, de forma semelhante com as análises de insolação cumulativa realizadas pelo *software* durante todo o ano de 2025. É de suma importância evidenciar que a fachada lateral Noroeste foi a que apresentou a maior insolação cumulativa e temperatura tanto no *software* de análise quanto nas medições *in loco*.

Entretanto, a fachada lateral Sudeste apresentou menor resultado nas medições *in loco* e não no analisado na insolação cumulativa anual, o que tem relação direta com o sentido dos ventos, conforme apresentado no gráfico da rosa dos ventos de Natal/RN. Os ventos, vindos do Sudeste contribuem com o resfriamento da parede, além de que no horário das medições *in loco* esta era a única fachada que se encontrava à sombra.

Diante do que foi exposto vale ressaltar que é possível parametrizar todas as informações da modelagem arquitetônica e adequar aos parâmetros exigidos pelas normas brasileira sendo eles: antes de iniciar a modelagem a inserção das coordenadas geográficas do

terreno, na modelagem é possível inserir as propriedades analíticas, como, o parâmetro de coeficiente de calor, resistência térmica, absorção e rugosidade. O que impacta diretamente em resultados assertivos para futuras intervenções e estratégias bioclimáticas em determinadas fachadas que recebam mais insolação cumulativa ao longo dos solstícios e equinócios.

6 PRODUTO TÉCNICO

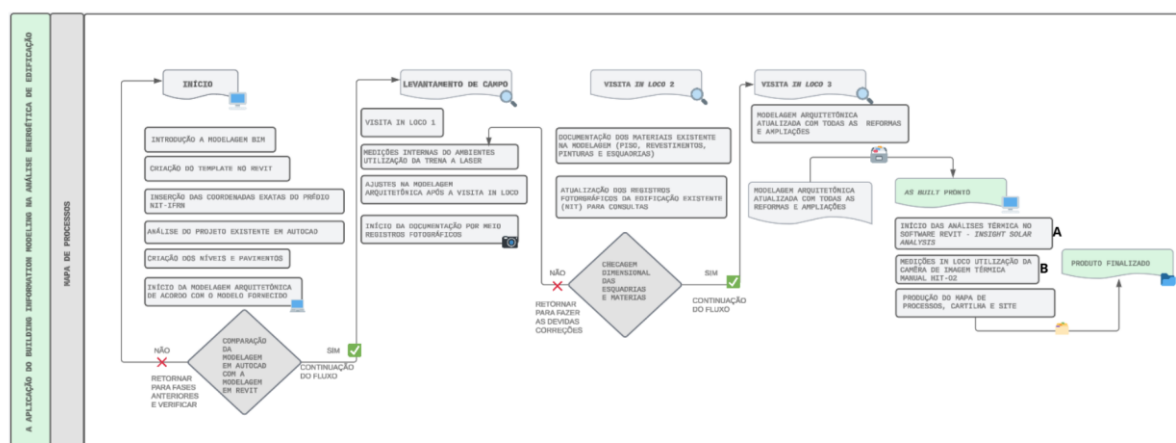
6.1 DESCRIÇÃO DO PRODUTO TÉCNICO

Segundo o regimento interno do programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais (PPgUSRN), em seu Art. 34 – O TCC deve gerar uma aplicação prática, uma solução ou uma proposta de solução de um problema real, o que será considerado como um produto técnico ou tecnológico. Diante o exposto, a presente pesquisa objetiva desenvolver um produto técnico tecnológico (PTT) do tipo manual, o qual tem como público-alvo os profissionais da área de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). O objetivo principal do manual é orientar esses profissionais no uso do BIM para análise térmica em edificações existentes. A elaboração do manual, que corresponde a uma solução experimental, estará pautada no conhecimento teórico obtido durante o estudo exploratório (RSL e revisão da literatura) e no conhecimento prévio do pesquisador.

6.2 MANUAL PARA PROFISSIONAIS AEC

As etapas propostas para o método (Figura 41), serão explanadas a seguir, apresentando o que pode ser feito em cada fase projetual existente.

Figura 41 – Mapa de processos principal.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

6.2.1 Preparação pré modelagem arquitetônica

Por se tratar de uma edificação existente, o projeto original encontra-se no *software* AutoCAD, assim sendo, para iniciar a modelagem arquitetônica no *software* Revit fez-se necessário a criação de um *template*, por conseguinte a etapa primordial é a inserção das coordenadas geográficas precisas da edificação.

Nesse momento inicial, é necessário a criação dos níveis e pavimentos (caso a edificação tenha mais andares), a partir dessas sequências tem início a fase de modelagem arquitetônica de acordo com o modelo fornecido em AutoCAD.

6.2.2 Levantamento de campo

A partir da modelagem inicial, faz-se necessário realizar as medições *in loco* (onde encontra situada a edificação), a primeira visita visa analisar as medidas internas dos pavimentos e ambientes, fazendo uso da trena a laser com leitura até 50 metros, tela colorida modelo GLM 50-12 da Bosch, com o auxílio de papel e caneta para a elaboração do croqui.

Após a primeira visita *in loco* foi necessário algum ajuste pontual na modelagem arquitetônica. Com o auxílio do smartphone foi possível fazer os registros fotográficos para recorrer em caso de dúvidas.

6.2.3 Visita *in loco* número 2

A segunda visita *in loco* foi exclusivamente para verificar e analisar todos os materiais empregados existentes, o tipo de piso cerâmico, revestimentos, pinturas e quais as medidas e os tipos das esquadrias existentes. Aproveitando a visita, houve a atualização dos registros fotográficos da edificação interna e externamente para possíveis consultas.

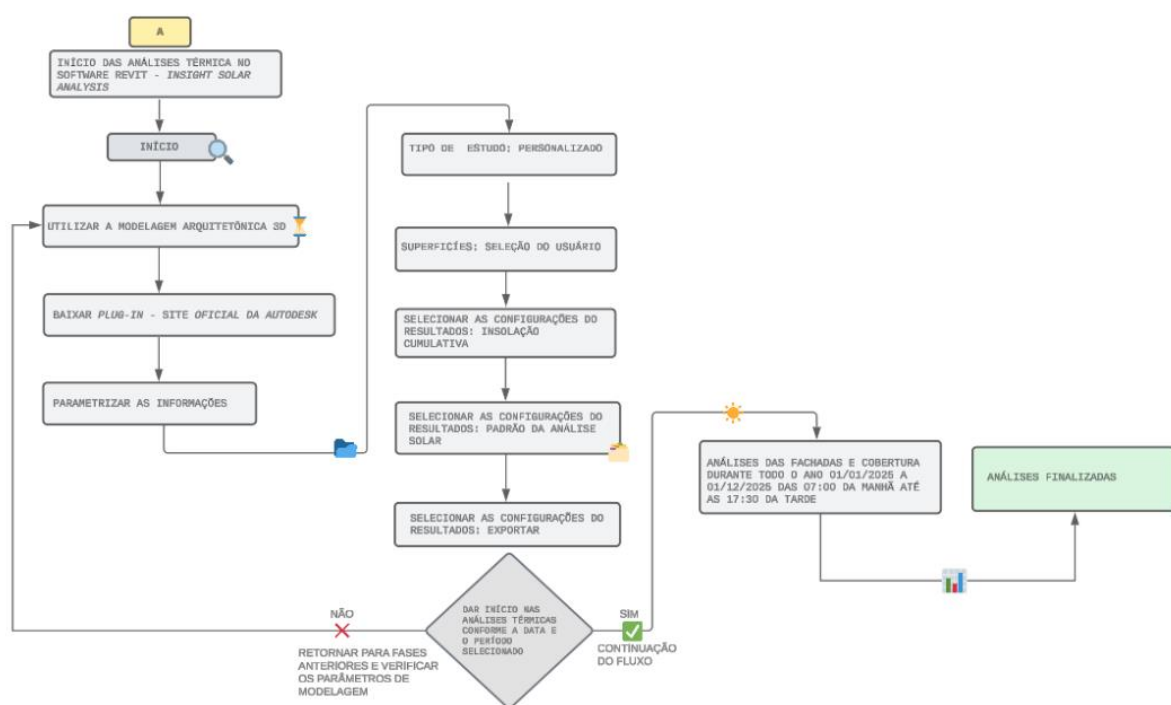
6.2.4 Visita *in loco* 3

A terceira e última visita foi de suma importância como o modelo arquitetônico no *software Revit* estava todo parametrizado com as informações e atualizado com todas as reformas e ampliações. Foi mais para verificar atentamente se estava tudo conforme o construído. Assim sendo, *As Built* pronto, foi possível passar para as próximas etapas.

6.2.5 Análises e medições

Com toda a modelagem pronta e parametrizada, a próxima etapa foi o início das análises térmicas no *software Revit* utilizando o *plugin insight solar analysis*. Na própria interface do *Revit* utilizando a modelagem arquitetônica 3D, na aba analisar, é preciso inserir algumas informações pertinentes para iniciar, selecionar a superfície: seleção do usuário, selecionar a opção das configurações dos resultados no caso é a insolação térmica cumulativa selecionar as demais configurações e exportar. Lembrando que, lá no início da modelagem com a inserção das coordenadas da edificação e ajustes do norte verdadeiro e norte de projeto são processos de suma relevância para obtenção de maior êxito nas análises no *software* (Figura 42).

Figura 42 – Mapa de processos complementar A.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

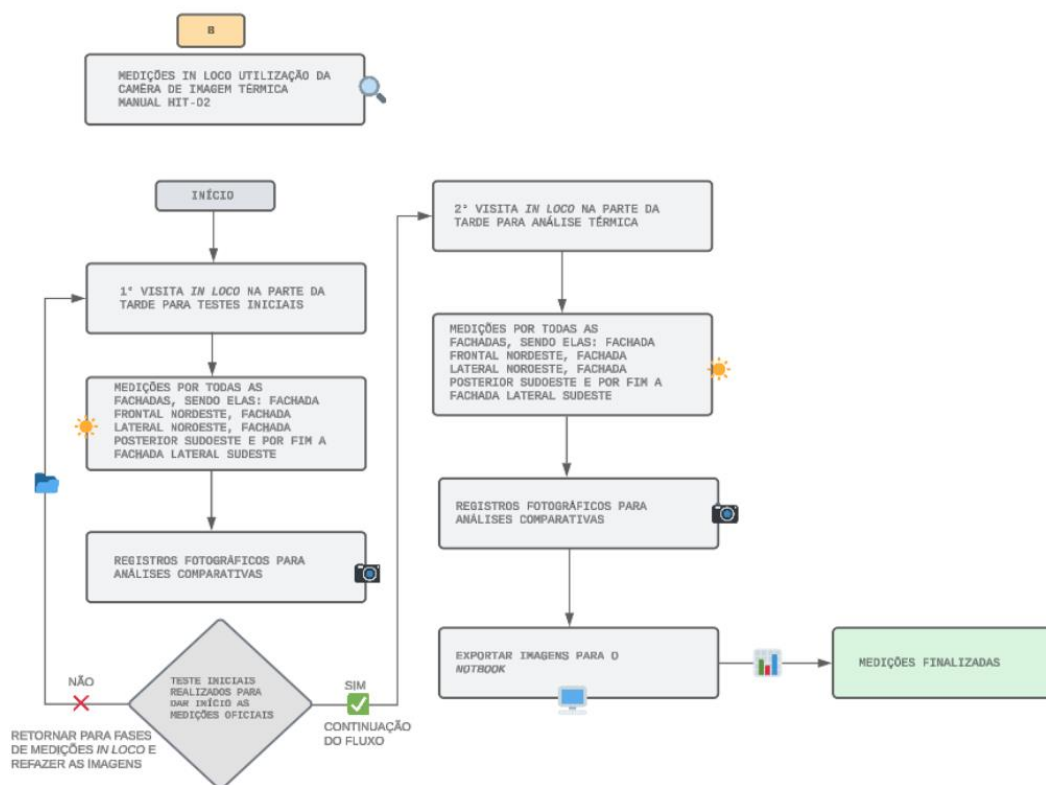
Com as devidas faces selecionadas, seguiu-se uma ordem de análises iniciando pelas análises das fachadas e cobertura durante todo o ano 01/janeiro/25 até 01/dezembro/25 nos seguintes horários: 07:00 da manhã às 17:30 da tarde. A segunda análise foi durante todo o mês de dezembro, iniciando do dia 01/dezembro/25 até 31/dezembro/25 nos seguintes horários: 07:00 da manhã às 17:30 da tarde. E por fim, a última análise foi de um dia estático: 22/dezembro/25 nos seguintes horários: 07:00 da manhã às 17:30 da tarde. Fase das análises no *software* concluídas.

6.2.6 Medições *in loco*

Para as medições *in loco* foram necessárias duas visitas, a primeira visita se deu na parte da tarde do dia 21 de dezembro de 2025 para a fase de testes para melhor entendimento da câmera e das suas funcionalidades para melhor obtenção dos resultados. As medições foram

feitas por todas as fachadas. E por fim, registros fotográficos para análises comparativas (Figura 43).

Figura 43 – Mapa de processos complementar B.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

A segunda e última visita, foi na tarde do dia 22 de dezembro de 2025 as medições foram feitas por todas as fachadas. E por fim, registros fotográficos foram atualizados para análises comparativas. por conseguinte, as imagens armazenadas na câmera foram exportadas através do cartão de memória para o *notebook*.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa abordou a problemática referente a impactos ambientais gerados pelo elevado consumo de energia elétrica decorrente do crescimento demográfico e do aquecimento global e a necessidade de medidas que favoreçam a eficiência energética nas edificações existentes.

Diante deste cenário a pesquisa teve como objetivo principal estudar a contribuição do *Building Information Modeling* (BIM) na análise energética em edificações existentes. É importante ressaltar que o estudo em questão tem como foco o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7 (ODS 7) meta 7.3 e 7a e o 11 (ODS 11), proposto pela Organização das Nações Unidas (ONU).

O referencial teórico, inicialmente, obtido através de uma revisão sistemática da literatura foi de grande relevância para a compreensão de como vem sendo abordado a importância da eficiência energética em edificações existentes utilizando *softwares* BIM, bem como para retratar o cenário atual dos trabalhos que vem sendo realizados ao longo dos anos. Com a realização desta RSL, foi possível ainda identificar e analisar como vem sendo conduzida a utilização dos *softwares* BIM para análise de conforto térmico.

Referente à temática de eficiência energética em edificações existentes identificou-se uma certa ausência da temática, tendo em vista que, a eficiência energética das edificações, que indica o melhor aproveitamento da energia, depende diretamente do seu desempenho térmico.

Quanto aos *softwares*, metodologias e tecnologias utilizados nos diversos estudos analisados, observou-se que o *Revit* se mostrou presente na maioria dos casos em conjunto com outros *softwares* de análise ou simulação e *plugins*.

Diante da importância de um projeto arquitetônico de *As Built* que garanta a qualidade do conforto térmico visando o bem-estar dos usuários, o presente trabalho apresentou uma proposta de mapa de processos para a análise de desempenho térmico com a utilização de tecnologias BIM. As medições *in loco* para análise térmica de maneira manual foram fundamentais para permitir uma análise comparativa entre insolação cumulativa via *insight* e temperatura pontual, bem como para garantir um melhor entendimento da temperatura externa e interna da edificação.

Com o passar dos anos e das diversas atualizações a *Autodesk* nos permite baixar o *plugin* do *insight solar analysis* e fazer as análises e comparações de insolação térmica cumulativa na própria interface do *Revit*, sem a necessidade de exportar o modelo a ser

analisado para outra plataforma. A manipulação do *plugin* é de fácil entendimento, onde é possível personalizar o tipo de estudo e a superfície a ser analisada.

E por fim, as contribuições resultantes desta pesquisa visam alertar e sensibilizar os profissionais da arquitetura, engenharia e construção (AEC), através da disponibilização do manual com mapa de processos, no somatório de esforços para contribuir diretamente com as metas do ODS 11, de maneira a criar cidades seguras e sustentáveis, assim sendo, colaborar de maneira direta com as metas do ODS 7 que se refere a dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética, até 2030 meta 7.3 e 7ª que dispõem sobre reforçar a cooperação internacional para facilitar o acesso a pesquisa e tecnologias de energia limpa, incluindo energias renováveis, eficiência energética e tecnologias de combustíveis fósseis avançadas e mais limpas, e promover o investimento em infraestrutura de energia e em tecnologias de energia limpa.

7.1 LIMITAÇÕES DA PESQUISA E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como limitações da pesquisa, pode-se elencar ter se tratado de apenas um estudo de caso, de modo que se sugere para trabalhos futuros, que o mapa de processos seja aplicado em outros prédios, sejam realizadas mais medições *in loco*, sendo em outros períodos do ano e em diferentes datas com enfoque nos solstícios e equinócios, bem como em horários diferentes. E por fim, a utilização de outros *softwares* ou *plugins* para fins de comparação.

Assim sendo, o mapa de processos servirá como guia para diversas experimentações de maneira virtual ou *in loco* para arquitetos e engenheiros que visam utilizar a tecnologia BIM para a análise de desempenho térmico de qualquer ambiente.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. ABDI. **Avaliação de Desempenho Energético em Projetos BIM**. Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC 05. Brasília, 2017. Acesso em: 03 set. 2024.
- ASHRAE; (2013). **ANSI/ASHRAE Standard 55-2013: Thermal environmental conditions for human occupancy**. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, EUA.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575:2013** Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, ABNT, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220:2024** Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro, ABNT, 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401:2008** Instalações de ar-condicionado – sistemas centrais e unitários. Rio de Janeiro, ABNT, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14645:2001** Elaboração do “como construído” (*as built*) para edificações. Rio de Janeiro, ABNT, 2001.
- CARVALHO, J. P.; BRAGANÇA, L.; MATEUS, R. Guidelines for analysing the Building energy efficiency using BIM. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. V. 588, 2020.
- CAVALCANTI, Gleydson de Oliveira. **SWENERGY: gestão de energia elétrica em edificações**. GESTÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM EDIFICAÇÕES. 2023. Disponível em: <https://memoria.ifrn.edu.br/handle/1044/2381>. Acesso em: 03 set. 2024.
- CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental**. Rio de Janeiro: Revan, 2003.
- COSTA, L.S. **Guia prático de escrita científica**. 1. ed. Rio de Janeiro: Brasil, 2024.
- COSTA, A. B.; ZOLTOWSKI, A. P. C. Como escrever um artigo de revisão de revisão sistemática. In: KOLLER, S. H.; COUTO, M. C. P.de P.; HOHENDORFF, J. V. **Manual de produção científica**. Porto Alegre: Penso, 2014. p. 55-70.
- DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. **Design Science Research: Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015. 204p.
- DORSA, A. C. O papel da revisão da literatura na escrita de artigos científicos. **INTERAÇÕES**, Campo Grande, MS, v. 21, n. 4, p. 681-683. out./dez. 2020. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/inter/a/cts4sLz6CkZYQfZWBS4Lbr/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 12 set. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE SERVIÇOS HOSPITALARES. EBSEH. Diretrizes de sustentabilidade para projetos de arquitetura e engenharia em hospitais universitários. Brasília: EBSEH, 2018. 79 p.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. EPE. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcedenergia/eficiencia-energetica>. Acesso em: 25 fev. 2025.

GALVÃO, M. C. B.; RICARTE, I. L. M. **Revisão sistemática da literatura**: Conceituação, produção e publicação. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://sites.usp.br/dms/wp-content/uploads/sites/575/2019/12/Revis%C3%A3o-Sistem%C3%A1tica-de-Literatura.pdf>. Acesso em: 25. set. 2024.

GIL, A.; C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas s. a., 2002.

GUTERRES, M. X. **Aula Simulação – módulo 01**. Rio Grande do Sul, 2017. Disponível em: <https://cursos.unipampa.edu.br/cursos/engenhariade-producao/files/2016/08/modulo-01-sim-al-notas-de-aula-guterres-2017.pdf>. Acesso em: 19 fev 2025.

HOHENDORFF, J.V. Como escrever um artigo de revisão de literatura. In: KOLLER, S. H.; COUTO, M. C. P.de P.; HOHENDORFF, J. V. **Manual de produção científica**. Porto Alegre: Penso, 2014. p. 39-54.

JURÍDICOS, Presidência da República Secretaria-Geral Subchefia Para Assuntos. **Decreto Nº 10.306, de 2 de abril de 2020**. 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10306.htm. Acesso em: 17 out. 2024.

JURÍDICOS, Presidência da República Secretaria-Geral Subchefia Para Assuntos. **Decreto Nº 11.888, de 22 de janeiro de 2024**. 2024. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2024/decreto-11888-22-janeiro-2024-795274-publicacaooriginal-170910-pe.html>. Acesso em: 17 out. 2024.

publicado em 22 de janeiro de 2024

JUSTI, Alexander. **Nuvem de pontos no Revit**. 2016. Disponível em: <https://alexjusti.com/nuvem-de-pontos-norevit/>. Acesso em: 10 set. 2024.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **labEEE**. Santa Catarina, 2025. Acesso em: 10 jan. 2025.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência energética na arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2014.

LATIFFI, A. A.; MOHD, S.; KASIN, N.; FATHI, M. S. **Aplicação de Modelagem de Informação da Construção (BIM) na Indústria da Construção da Malásia**. Disponível

em:https://www.researchgate.net/publication/256605769_Building_Information_Modeling_BIM_Application_in_Malaysian_Construction_Industry. Acesso em: 25 fev. 2025.

LEÃO, L. M. **Metodologia do estudo e pesquisa**: facilitando a vida dos estudantes, professores e pesquisadores. Petrópolis, RJ: Vozes, 2016.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Produção técnica: grupo de trabalho. Brasília: CAPES, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/10062019-producao-tecnica-pdf>. Acesso em: 04 mar. 2025.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. NR-17 Ergonomia. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/nr-17-atualizada-2023.pdf>. Acesso em: 09 jan. 2025.

MORANDI, M. I. W. M; CAMARGO, L. F. R. Revisão sistemática da literatura. *In*: DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. **Design Science Research: Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015. p. 141-172.

MUTA, L. F. **Análise da aplicação de BIM na avaliação simplificada de eficiência energética da envoltória pela INI-C**. 2022. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - RS, 2022.

ONU. Organização das Nações Unidas. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/257373-cat%C3%A1logo-de-solu%C3%A7%C3%B5es-inovadoras-para-assentamentos-informais>. Acesso em: 25 fev. 2025.

ONU. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. [S. l.], 2023a. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 22 out. 2024.

PennState. Disponível em: <https://psu.pb.unizin.org/bimprojectexecutionplanning/chapter/process/>. Acesso em: 25 fev. 2025.

PEREIRA, P. H.; ASSIS, A. P.; AZENHA, M. **Proposta de um mapa de processos para o projeto de edifícios adequado à realidade portuguesa**. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/58483/1/%5b59%5d.pdf>. Acesso: 09 jan. 2025.

PROJETEEE. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/projeteee/componente/argamassa-interna-2-5-cm-bloco-ceramico-9x19x19-cm-argamassa-externa-2-5-cm/>. Acesso em: 25 fev. 2025.

RIBEIRO, L. M. **Sustentabilidade em projetos arquitetônicos com a utilização da tecnologia BIM**. 2024. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal - RN, 2024.

SALGADO, M.S. Adoção dos Usos do Modelo BIM como estratégia para inserção no ensino de graduação: estudo de caso. ENTAC 2022. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE

TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1-10

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M.C. **Estudos de revisão sistemática**: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. 2007. Acesso em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.scielo.br/j/rbfis/a/79nG9Vk3syHhnSgY7VsB6jG/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20. nov. 2024.

SANTOS, L. M.; BASTOS, C. da S. As built (como construído) nos projetos de design de interiores. **Revista Intramuros**, São Paulo, jan. 2022. Disponível em: <https://revistaintramuros.com.br/as-built-como-construido-nos-projetos-de-design-de-interiores/>. Acesso em: 07 out. 2024.

SILVA, Jorge Miguel Santos. **PRINCÍPIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS COM RECURSO A FERRAMENTAS BIM** Avaliação de melhores práticas e proposta de regras de modelação para projetos de estruturas. 2013. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/65497/2/26493.pdf>. Acesso em: 07 out. 2024.

SUCCAR, B.; SALEEB, N.; SHER, W. Model Uses: Foundations for a Modular Requirements Clarification Language, Australasian Universities Building Education **Proceedings [...]** Australia, 2016, p. 1-12.