



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL



Raquel Oliveira Azevedo

**Uso do BIM para Certificação Procel-Edifica para  
Prédios de Comércio, Serviço e Públicos: estudo de  
caso do Prédio da Reitoria da UFSCar**

São Carlos (SP)

Julho/2025

Raquel Oliveira Azevedo

Uso do BIM para Certificação Procel-Edifica para Prédios de Comércio, Serviço e Públicos: estudo de caso do Prédio da Reitoria da UFSCar

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a conclusão da graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Doutor Douglas Barreto.

São Carlos (SP)

Julho/2025

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho simboliza a finalização de uma jornada marcada por muitos acontecimentos: pandemia, greve, correria (segundos antes do Moodle fechar, ainda é dentro do prazo), risadas e realizações, que não teriam sido possíveis sem muita ajuda, e por isso eu agradeço.

À minha família, que sempre esteve ali para me ouvir falar, por maior que seja a minha economia de palavras, sobre tudo e qualquer coisa, de perguntar “O que nós vamos lanchar?” a conversar sobre como pronunciar “ich” corretamente em alemão às 8 horas da noite dentro de um carro.

Aos meus colegas de faculdade, que estavam sempre ali para se desesperarem comigo a respeito das datas de entrega e da montanha de trabalhos para entregar.

Aos meus colegas fora da faculdade, por poucos que sejam, que sempre tiveram tempo para mim, mesmo estando em outras partes do Brasil.

À minha supervisora no estágio, que aceitou que eu pegasse as horas mais estranhas para não atrasar matérias na faculdade e ainda assim conseguisse estagiar.

A todos os meus professores, que estiveram sempre dispostos a conversar e compartilhar seus conhecimentos (e me passar na matéria, obviamente).

Ao meu orientador, Prof. Douglas, que aceitou a minha ideia abstrata sobre o que eu queria colocar no TCC e deu forma a ela, sempre estando aberto a me ouvir e ajudar.

E a toda e qualquer pessoa que tenha dividido um momento comigo durante esses anos, saibam que eu não estaria aqui sem vocês.

## **EPIGRAFE**

“...this decade will be crucial for renewables and energy efficiency, with accelerated action and ambitious policy implementation that are vital to addressing energy security and affordability challenges. ...”

COP28 Global Renewables and Energy Efficiency Pledge

## **Uso do BIM para Certificação Procel-Edifica para Prédios de Comércio, Serviço e Públicos: estudo de caso do Prédio da Reitoria da UFSCar**

### **RESUMO**

Sendo o setor da construção responsável por mais de um terço do consumo mundial de energia, a implantação de edificações energeticamente mais eficientes torna-se imprescindível. Com esse propósito, foram desenvolvidos métodos de avaliação de desempenho, como a Etiqueta Procel Edifica para Prédios Comerciais, de Serviços e Públicos, que visa reduzir o impacto ambiental das construções por meio da gestão eficiente dos recursos naturais. Este trabalho tem como objetivo verificar a viabilidade de extrair diretamente de um software BIM os parâmetros exigidos pelo método Procel Edifica, utilizando como estudo de caso o edifício da Reitoria da Universidade Federal de São Carlos, que já foi objeto de certificação. Por meio do software Revit Autodesk®, constatou-se que, dos 17 parâmetros exigidos, 6 estão disponíveis nativamente no programa, 5 podem ser obtidos por meio de tabelas, 2 devem ser criados manualmente, 3 demandam cálculos externos e 1 não pode ser determinado. Além disso, comparou-se o resultado da extração com valores previamente determinados para o edifício, constatando-se que as informações passíveis de extração completa apresentam um bom nível de acurácia. Entretanto, os parâmetros relativos à porcentagem de área de abertura de fachada e à média das áreas de APP, que necessitam complementação por cálculos externos, apresentaram divergências significativas, sendo necessário verificar o método adequado para sua obtenção. Conclui-se, portanto, que o uso de uma ferramenta BIM pode auxiliar significativamente no levantamento dos parâmetros para a etiquetagem energética, embora limitações do software e a necessidade de adaptações específicas no modelo e nas famílias utilizadas impeçam a completa automatização do processo. Ainda assim, a adoção da metodologia BIM demonstra-se uma alternativa viável para otimizar o levantamento de dados e apoiar a avaliação energética de edificações públicas.

**Palavras-chave:** Eficiência energética; BIM; Etiquetagem energética; Procel Edifica; Sustentabilidade.

# **Use of BIM for Procel-Edifica Certification for Commercial, Service, and Public Buildings: Case Study of the University Administration Building at UFSCar**

## **ABSTRACT**

As the construction sector is responsible for more than one-third of global energy consumption, the implementation of energy-efficient buildings becomes essential. To this end, performance assessment methods have been developed, such as the Procel Edifica Label for Commercial, Service, and Public Buildings, which aims to reduce the environmental impact of constructions through the efficient management of natural resources. This study aims to verify the feasibility of directly extracting the parameters required by the Procel Edifica method from BIM software, using as a case study the Administration building of the Federal University of São Carlos, which has already been certified. Through Autodesk® Revit software, it was found that, out of the 17 required parameters, 6 are natively available in the program, 5 can be obtained through schedules, 2 must be created manually, 3 require external calculations, and 1 cannot be determined. Furthermore, the extracted results were compared with previously established values for the building, revealing that the parameters fully extractable show a good level of accuracy. However, the parameters related to the percentage of facade opening area and the average APP areas, which require supplementation by external calculations, exhibited significant discrepancies, necessitating further investigation into their proper determination. It is concluded, therefore, that the use of BIM tools can significantly aid in gathering parameters for energy labeling, although software limitations and the need for specific adaptations in the model and families prevent the full automation of the process. Nevertheless, the adoption of the BIM methodology proves to be a viable alternative to optimize data collection and support the energy assessment of public buildings.

**Keywords:** Energy efficiency; BIM; Building Energy Labeling; Procel Edifica; Sustainability.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Usos de BIM em projeto.....   | 17 |
| Figura 2 – Junção de diferentes modelos em um único <i>software</i> .....      | 18 |
| Figura 3 – Processo de desenvolvimento do BIM no Brasil.....                   | 19 |
| Figura 4 – Aumento no número de publicações e citações .....                   | 20 |
| Figura 5 – Oferta e demanda de energia no Brasil .....                         | 21 |
| Figura 6 – Exemplos de certificações e selos existentes .....                  | 23 |
| Figura 7 – Envolvimentos CASBEE .....  | 24 |
| Figura 8 – Gráfico do número de emissões do DCE por categoria .....            | 25 |
| Figura 9 – Exemplo de etiqueta do PBE .....                                    | 26 |
| Figura 10 – Modificações do Procel Edifica ao longo do tempo.....              | 27 |
| Figura 11 – Metodologia empregada .....  | 29 |
| Figura 12 – Planta baixa Reitoria da UFSCar.....                               | 33 |
| Figura 13 – Propriedades térmicas da parede.....                               | 34 |
| Figura 14 – Propriedades térmicas da cobertura. ....                           | 34 |
| Figura 15 – Absortância do telhado.....  | 35 |
| Figura 16 – Estrutura de camadas da parede .....                               | 36 |
| Figura 17 – Propriedades térmicas do material.....                             | 37 |
| Figura 18 – Valor da transmitância dado pelo Revit .....                       | 37 |
| Figura 19 – Transmitância térmica o vidro em janelas .....                     | 38 |
| Figura 20 – Processo de criação de parâmetro no Revit.....                     | 39 |
| Figura 21 – Tabela para determinação do comprimento e da profundidade<br>..... | 40 |
| Figura 22 – Canto não contabilizado no comprimento .....                       | 40 |
| Figura 23 – Comprimento medido por cotas .....                                 | 41 |
| Figura 24 – Determinação do pé-direito .....                                   | 42 |
| Figura 25 – Níveis criados .....   | 43 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Figura 26 – Filtro aplicado aos níveis.....</b>                   | <b>43</b> |
| <b>Figura 27 – Formatação da tabela.....</b>                         | <b>43</b> |
| <b>Figura 28 – Número de pavimentos.....</b>                         | <b>44</b> |
| <b>Figura 29 – Áreas e porcentagens linha a linha .....</b>          | <b>46</b> |
| <b>Figura 30 – Porcentagem não considera o somatório .....</b>       | <b>46</b> |
| <b>Figura 31 – Exemplo de AVS .....</b>                              | <b>47</b> |
| <b>Figura 32 – Modelagem da reitoria .....</b>                       | <b>48</b> |
| <b>Figura 33 – Correção do comprimento nos cantos.....</b>           | <b>48</b> |
| <b>Figura 34 – Comprimento de todas as fachadas .....</b>            | <b>49</b> |
| <b>Figura 35 – Propriedades térmicas da parede .....</b>             | <b>49</b> |
| <b>Figura 36 – Divisão dos níveis para andares e pé-direito.....</b> | <b>50</b> |
| <b>Figura 37 – Propriedades térmicas do telhado.....</b>             | <b>50</b> |
| <b>Figura 38 – Propriedades dos vidros das janelas .....</b>         | <b>51</b> |
| <b>Figura 39 – Fator de forma das aberturas de ventilação .....</b>  | <b>51</b> |
| <b>Figura 40 – Área de abertura de fachada .....</b>                 | <b>52</b> |
| <b>Figura 41 – Área de permanência prolongada.....</b>               | <b>52</b> |

## LITSA DE TABELAS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Tabela 1 – Limites dos parâmetros de avaliação da envoltória atendidos pelo método simplificado para o aproveitamento da ventilação natural ..</b> | <b>30</b> |
| <b>Tabela 2 – Valores de propriedades térmicas encontradas por Pozzobon (2024).....</b>   | <b>32</b> |
| <b>Tabela 3 – Condição dos parâmetros dentro do Revit.....</b>  | <b>53</b> |
| <b>Tabela 4 – Comparação de valores de propriedades.....</b>  | <b>54</b> |

## LITSA DE EQUAÇÕES

|                              |    |
|------------------------------|----|
| Transmitância térmica .....  | 36 |
| Área total da abertura ..... | 45 |

## LISTA DE SIGLAS

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

BIM – *Building Information Modeling*

BREEAM – *Building Research Establishment an Environmental Assessment Method*

CASBEE – *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*

CE-BIM - Comitê Estratégico de Implementação do *Building Information Modeling*

DEC – *Display Energy Certificate*

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

GBC - *Green Building Council* Brasil

HVCA - *Heating, Ventilating and Air Conditioning*

INI-C – Instrução Normativa do INMETRO para Edificações Comerciais, de Serviço e Públicas

INI-C – Instrução Normativa do INMETRO para Edificações Residenciais

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

IRENA - *International Renewable Energy Agency*

JSBC - *Japan Sustainable Building Consortium*

LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*

MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços

ONU – Organização das Nações Unidas

PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

RAC – Requisitos de Avaliação da Conformidade

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....   | <b>14</b> |
| 1.1 JUSTIFICATIVA.....  | 15        |
| 1.2 OBJETIVOS.....  | 15        |
| <b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....  | <b>16</b> |
| 2.1 BUILDING INFORMATION MODELING .....   | 16        |
| <b>2.1.1 O BIM no Brasil</b> .....  | <b>18</b> |
| <b>2.1.2 Software de Modelagem Revit® Autodesk</b> .....  | <b>19</b> |
| <b>2.1.3 BIM na eficiência energética</b> .....   | <b>20</b> |
| 2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....   | 21        |
| 2.3 CERTIFICAÇÕES E ETIQUETAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....   | 22        |
| <b>2.3.1 Certificações ambientais para edifícios</b> .....  | <b>23</b> |
| <b>2.3.2 Programas de etiquetagem</b> .....   | <b>24</b> |
| 2.5 PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM - PBE .....  | 26        |
| <b>2.5.1 Procel Edifica – INI-C</b> .....   | <b>27</b> |
| <b>3 METODOLOGIA</b> .....  | <b>28</b> |
| 3.1 FASE 1 .....  | 29        |
| 3.2 FASE 2 .....  | 30        |
| 3.3 FASE 3 .....  | 31        |
| <b>4 RESULTADOS</b> .....   | <b>33</b> |
| 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO .....  | 33        |
| 4.2 IDENTIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS DA CERTIFICAÇÃO DENTRO DO REVIT .....  | 34        |
| <b>4.2.1 Parâmetros nativos</b> .....   | <b>35</b> |
| 4.2.1.1 Absortância solar da cobertura ( <i>α<sub>cob</sub></i> ) e paredes externas ( <i>α<sub>par</sub></i> ) ..... | 35        |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.2.1.2 Transmitância térmica da cobertura ( <i>Ucob</i> ) e Transmitância térmica da parede externa ( <i>Upar</i> ) ..... | 36        |
| 4.2.1.3 Fator solar do vidro (FS).....   | 37        |
| 4.2.1.4 Transmitância térmica do vidro ( <i>Uvid</i> ).....  | 38        |
| <b>4.2.2 Parâmetros tabelados.....</b>   | <b>39</b> |
| 4.2.2.1 Comprimento total e Profundidade total .....   | 39        |
| 4.2.2.2 Fator da área da escada.....   | 41        |
| 4.2.2.3 Pé-direito .....   | 42        |
| 4.2.2.4 Número de pavimentos.....  | 42        |
| <b>4.2.3 Parâmetros criados.....</b>   | <b>44</b> |
| 4.2.3.1 Capacidade térmica da cobertura ( <i>CTcob</i> ) e Capacidade térmica da parede externa ( <i>CTpar</i> ) .....     | 44        |
| <b>4.2.3 Parâmetros parcialmente obtidos.....</b>  | <b>44</b> |
| 4.2.3.1 Área das APP .....   | 45        |
| 4.2.3.2 Percentual de área de abertura na fachada total ( <i>PAFT</i> ) .....  | 45        |
| 4.2.3.3 Forma das aberturas para ventilação .....  | 46        |
| <b>4.2.4 Parâmetros que não podem ser obtidos.....</b>   | <b>46</b> |
| 4.2.4.1 Ângulo vertical de sombreamento (AVS).....   | 47        |
| <b>5 MODELAGEM DA REITORIA .....</b>   | <b>47</b> |
| <b>6 ANÁLISE E DISCUSSÃO .....</b>   | <b>52</b> |
| <b>7 CONCLUSÕES .....</b>  | <b>55</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>   | <b>57</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com a ONU (2024), embora a intensidade energética tenha registrado uma redução de 3,5% entre 2021 e 2022, a demanda por energia no setor da construção aumentou. Como consequência, as edificações foram responsáveis por 34% do consumo global de energia em 2022.

Embora seja um dos setores mais impactantes ao meio ambiente, a construção civil continua sendo essencial para o bom funcionamento da sociedade e da economia (LEITE et al., 2023). Por isso, é fundamental que o conceito de edificação sustentável seja integrado a todas as etapas de um empreendimento, desde sua concepção até sua finalização (KINEBER et al., 2023).

Segundo Pereira *et al.* (2021), o aumento populacional pode requerer, até 2050, a construção de 13 mil prédios por dia. Uma forma de reduzir o impacto que eles causaram, é projetar edifícios mais energeticamente eficientes, que, portanto, demandam menos recursos.

Diante dessa necessidade, a utilização do BIM (*Building Information Modeling*) surge como uma alternativa eficiente. De acordo com Sanhudo (2018), o BIM é uma metodologia que vem ganhando destaque no campo da construção civil, combinando processos e tecnologias para criar modelos capazes de armazenar dados físicos e abstratos. Por serem geralmente parametrizáveis, esses modelos permitem que os projetistas testem diversas combinações e identifiquem aquelas que melhor atendam às necessidades do projeto.

Uma maneira de avaliar a eficiência do que foi projetado é por meio das certificações, que têm se consolidado como uma estratégia para promover práticas mais sustentáveis. Elas incentivam indivíduos, construtoras, incorporadoras e outros agentes do setor a adotar soluções que minimizem os impactos ambientais das edificações (BROGGIO; XAVIER; SERRA, 2023), incluindo iniciativas voltadas à eficiência energética, como o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).

Dessa forma temos o Procel Edifica, um dos subprogramas do PBE, desenvolvido em parceria entre o INMETRO e a Eletrobrás, busca incentivar o uso racional dos recursos em edificações, como ventilação, água e iluminação (PBE EDIFICA, s.d.d). As edificações, sejam públicas, comerciais, residenciais

ou de serviços, são avaliadas com base em modelos desenvolvidos pelo programa e classificadas de "A" a "E", sendo "A" a mais eficiente e "E" a menos eficiente (PBE EDIFICA, s.d.a).

Para realizar a avaliação, o Procel Edifica disponibiliza planilhas e indica *websites* que auxiliam nos cálculos necessários para a análise das construções, de acordo com os parâmetros estabelecidos (PBE EDIFICA, s.d.c). No entanto, como o método envolve o levantamento de dados e exige adaptações às limitações do programa e aos dados pré-definidos disponíveis, garantir a precisão das informações demanda um esforço significativo e um elevado volume de trabalho (AVELAR; SOUZA, 2023).

O PBE Edifica (s.d.b) é organizado em subcategorias, como a INI-C, destinada a prédios comerciais, de serviços e públicos. Desde a publicação da primeira portaria, em 2009, 291 edificações foram etiquetadas nessa categoria.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

O aumento do consumo de energia elétrica no Brasil e a necessidade de evitar interrupções na sua distribuição destacam a importância de desenvolver edificações energeticamente mais eficientes, seja por meio da adoção de tecnologias avançadas, seja pelo uso consciente de energia por parte dos usuários (PASSIN; WENDER; DE BORBA; RODRIGUES, 2021).

Entre as edificações com potencial de melhoria estão os prédios públicos. Nesse contexto, a utilização da metodologia BIM para alcançar certificações de eficiência energética torna-se uma ferramenta crucial, pois permite parametrizar, modelar e orientar a construção com maior precisão, de forma alinhada à execução em campo (KHAN *et al.*, 2024).

Além das possibilidades técnicas inerentes ao BIM, sua adoção também é incentivada pelo governo brasileiro, que tem implementado leis e ações voltadas à modernização do setor, como o Decreto nº 10.306/2020 (BRASIL, 2020).

## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é verificar se é possível obter todas as variáveis de análise da Certificação Procel-Edifica necessárias para a realização da simulação da classificação do nível de eficiência energética de um prédio público, no caso da Reitoria da UFSCar, por meio da metodologia BIM utilizando o *software* Revit® Autodesk.

O trabalho proposto se desdobra nos seguintes objetivos específicos:

- i. Identificar todas as variáveis necessárias para a Certificação Procel-Edifica;
- ii. Determinar, dentro do *software* a existência dessas variáveis;
- iii. Determinar se é possível criar dentro do *software* quaisquer variáveis faltantes;
- iv. Determinar se é possível extrair e utilizar todas essas variáveis de forma confiável.

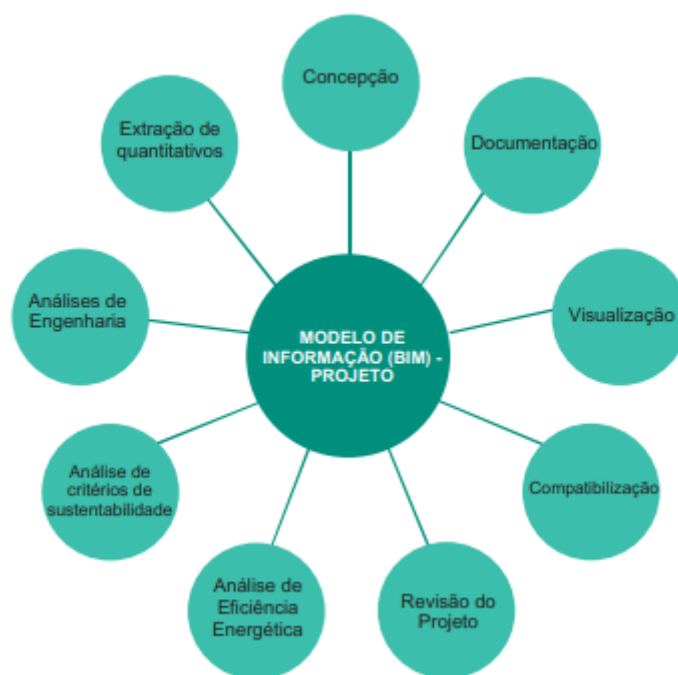
## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

Esta seção apresenta os fundamentos teóricos necessários para o desenvolvimento do estudo, abordando o conceito de BIM (*Building Information Modeling*), os diferentes tipos de certificações aplicáveis a edificações e uma análise específica do PBE e do Procel Edifica na categoria INI-C.

### **2.1 BIM - BUILDING INFORMATION MODELING**

De acordo com Eastman et al. (2008), a metodologia BIM pode ser entendida como um modelo digital tridimensional (3D), mensurável, que engloba diversos aspectos do projeto e pode ser facilmente operado pela equipe responsável. Além disso, o BIM é aplicável em diversas etapas de um projeto, desde a concepção inicial até a execução e manutenção (Figura 1).

Figura 1 – Usos de BIM em projeto



Fonte: AsBEA, 2013.

Embora o conceito de BIM exista há mais de 40 anos, ele continua sendo uma frente em desenvolvimento no setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Sua adoção tem promovido melhorias significativas, beneficiando tanto os projetistas, ao aumentar a taxa de identificação de erros e aprimorar as soluções propostas, quanto os consumidores, ao reduzir custos e proporcionar melhor acesso às informações (AsBEA, 2015).

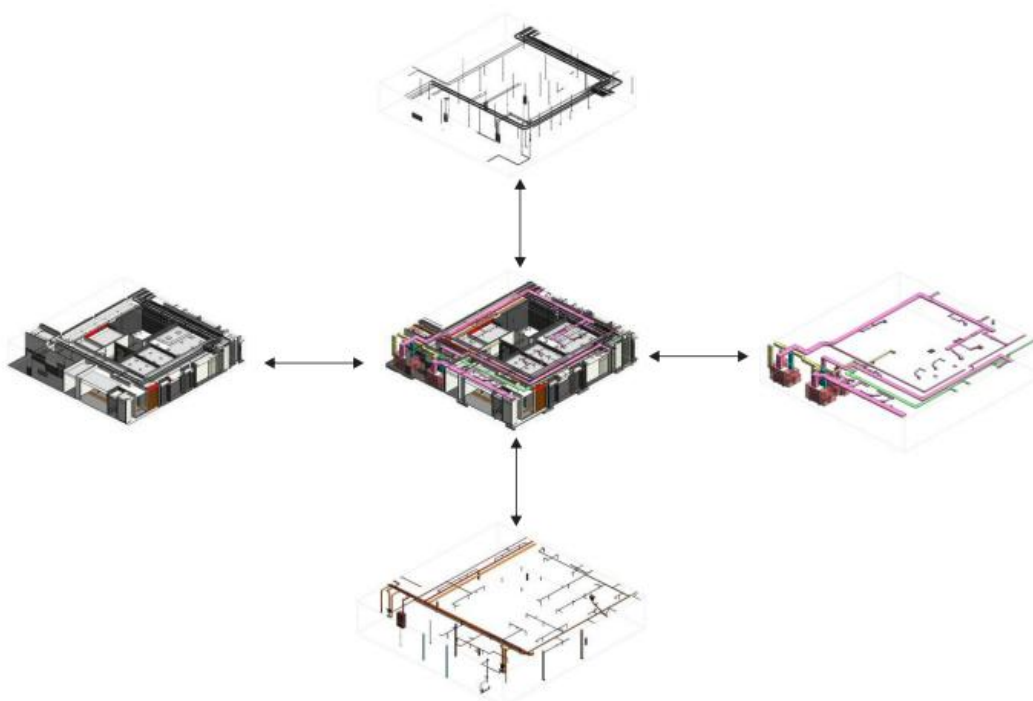
Atualmente, existe uma grande variedade de softwares BIM, que abrangem pontos como modelagem paramétrica, detecção de incompatibilidades, colaboração e análises, contribuindo para otimizar as etapas do projeto (MIRANDA, et al., 2023).

Entre os *softwares* mais utilizados por profissionais da área, destaca-se o Autodesk Revit®. Embora o custo da licença anual ultrapasse R\$ 10.000, sua ampla adoção levou ao desenvolvimento de uma robusta rede de suporte, tanto pela empresa quanto pelos usuários. Além disso, sua compatibilidade com outros produtos da Autodesk, como Navisworks® (compatibilidade entre projetos), Dynamo® (programação visual) e BIM 360® (gestão de projetos em nuvem), assim como com plug-ins desenvolvidos por terceiros, amplia ainda mais suas possibilidades de aplicação (ZIGURAT, 2018). O *software* também é

atrativo para estudantes, que podem utilizá-lo gratuitamente para fins didáticos ou de pesquisa.

Outro ponto importante do BIM é sua capacidade de integrar, em um único modelo, diferentes tipos de projetos de engenharia (elétrico, hidrossanitário, estrutural, entre outros), conforme ilustrado na Figura 2, permitindo ainda a detecção eficiente de incompatibilidades (AsBEA, 2015).

Figura 2 – Junção de diferentes modelos em um único *software*



Fonte: AsBEA, 2015.

### 2.1.1 O BIM no Brasil

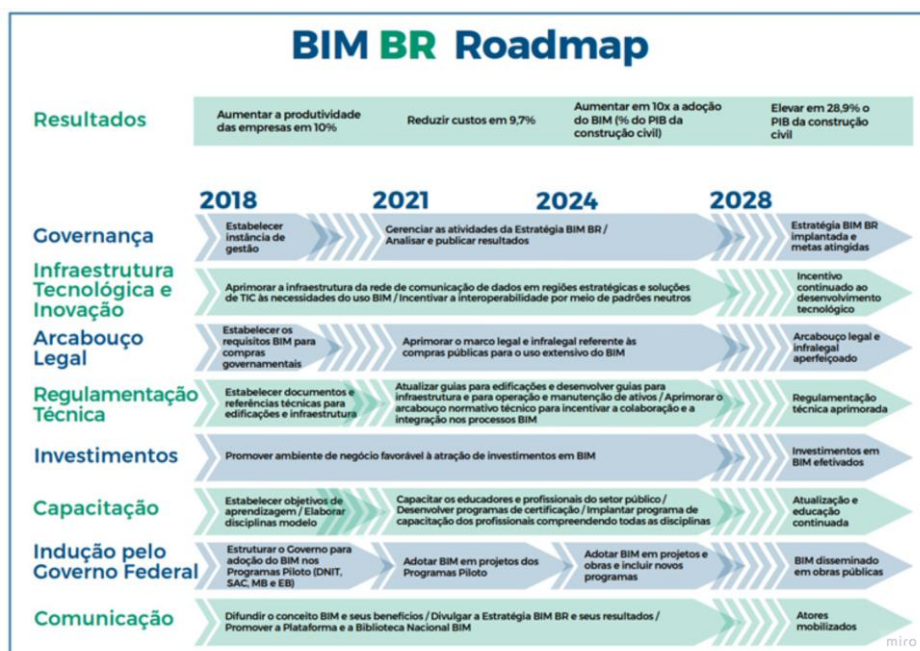
Com o objetivo de incentivar o uso do BIM no Brasil, o Governo Federal criou, em 2017, o Comitê Estratégico de Implementação do *Building Information Modeling* – CE-BIM. O objetivo dele é criar um ambiente favorável à difusão e investimento em BIM, modernizando o setor da construção (BRASIL, 2021).

Essa disseminação teve início por meio do Decreto nº 9.377/2018, atualmente revogado pelo Decreto nº 11.888 de janeiro de 2024, que instaurou um Comitê Gestor para gerir as estratégias de implementação do BIM no Brasil (BRASIL, 2024). Possuindo 11 objetivos, refletindo assim as prioridades do governo, que podem ser divididos em 3 eixos:

- A. Estruturação do Setor Público para o uso do BIM;
- B. Capacitação e Formação Profissionais em BIM; e,
- C. Apoio à pesquisa, desenvolvimento, inovação (PD&I) e sustentabilidade na construção por meio do BIM.

Esse decreto é complementado pelo nº 10.306/2020, que definiu as fases de desenvolvimento para a disseminação do BIM e vinculou as três Forças Armadas e o Ministério da Infraestrutura a iniciativa, instituindo projetos pilotos (BRASIL, 2024). Na Figura 3 a seguir, é possível observar o desenvolvimento proposto para a disseminação do BIM.

Figura 3 – Processo de desenvolvimento do BIM no Brasil



Fonte: Brasil, 2024.

### 2.1.2 Software de Modelagem Revit® Autodesk

Durante um levantamento sistemático da literatura, Pereira *et al.* (2021) foi capaz de determinar que o software com o maior índice de ocorrências ao correlacionar os termos "BIM", "Building", "Energy Efficiency", "Energy Performance" e "Green" (respectivamente BIM, Construção, Eficiência Energética, Desempenho Energético e Verde) foi o Revit da Autodesk.

O Revit é um *software* que, por meio da modelagem paramétrica, permite a criação e documentação de projetos. Esse método aplica restrições

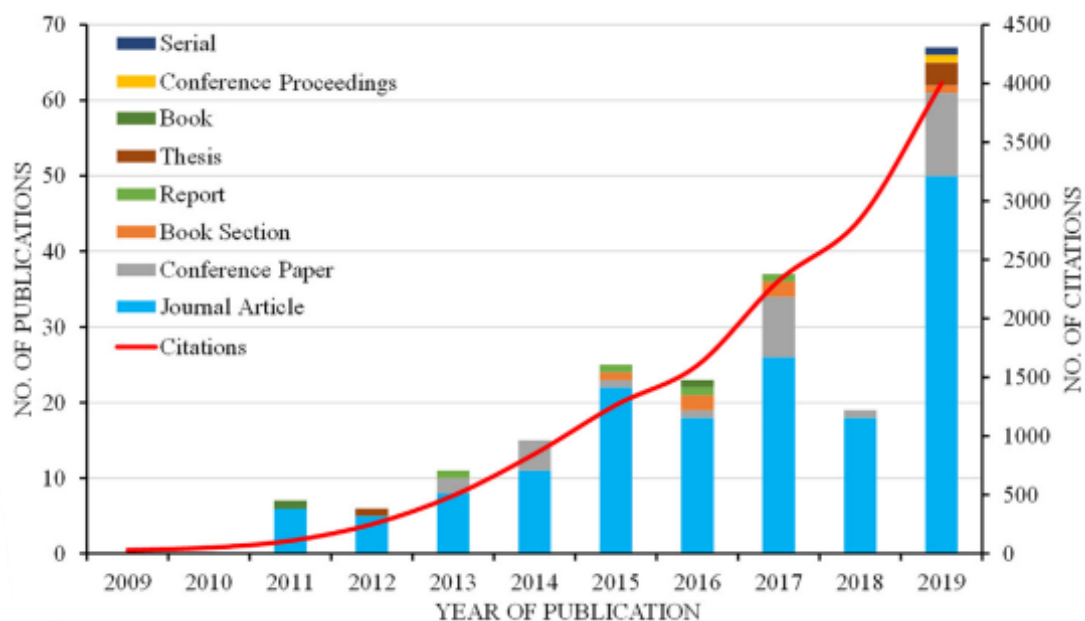
automáticas ao modelo, como a limitação de objetos do tipo janela, que só podem ser inseridos em objetos do tipo parede, além de outras restrições definidas pelo projetista, proporcionando maior controle sobre o modelo e precisão na documentação do projeto (AURODESK, s.d.).

Além disso, o Revit organiza os elementos do projeto em famílias, que consiste em um conjunto de objetos com características semelhantes. Muitas vezes, essas famílias são parametrizáveis, ou seja, possuem um conjunto de propriedades que podem ser facilmente alteradas em um local e afetar o projeto inteiro sem ser necessário redesenhar; em uma porta, por exemplo, basta alterar o valor de um parâmetro, como a largura, para que todas as outras informações e representações sejam automaticamente atualizadas (AUTODESK, s.d.).

### 2.1.3 BIM na eficiência energética

De acordo com Pereira *et al.* (2021), o interesse em estudar como o BIM pode ser utilizado em conjunto com a eficiência energética em construções vem crescendo a cada ano (Figura 4), demonstrando que, apesar de ainda haver campos a serem aprimorados, a utilização dessa tecnologia é importante e significativa na realização de análises energéticas.

Figura 4 – Aumento no número de publicações e citações



Fonte: Pereira *et al.* (2021)

Neste contexto, Zardo, Ribeiro e Mussi (2019) citam alguns benefícios da integração da eficiência energética já na fase de projeto, por meio de um software BIM, como a possibilidade de realizar diferentes simulações com resultados imediatos, redução de erros por fatores humanos e a capacidade de analisar diferentes disciplinas do projeto simultaneamente.

Essa temática também tem sido explorada no Brasil. Muta et al. (2022) analisaram a possibilidade de realizar uma análise energética segundo o método INI-C, que será explicado em detalhes mais adiante, por meio do BIM. As conclusões indicaram que, embora seja possível, a falta de um procedimento padrão para a modelagem resultou em excesso de informações ou em lacunas de dados relevantes.

## 2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2024a), entre os anos de 2022 e 2023 houve um aumento de 3,5% na produção de energia no Brasil. No entanto, o consumo de energia apresentou uma variação positiva de 4,0% (Figura 5). Essa diferença evidencia a necessidade de otimizar o consumo de energia no país.

Figura 5 – Oferta e demanda de energia no Brasil



Fonte: EPE, 2024b.

Eficiência energética pode ser definida como a adoção de medidas que conservem energia. De acordo com a Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA, 2022), ela é um componente essencial para atingir a meta de redução dos Gases de Efeito Estufa (GEE), podendo contribuir para uma diminuição de até 25% nas emissões desses gases.

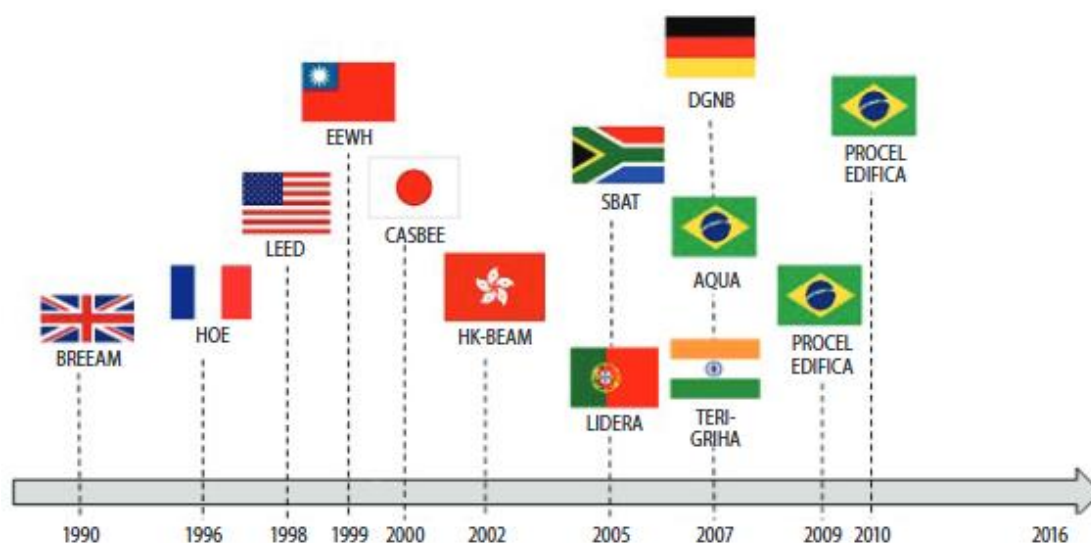
No campo da construção civil, algumas estratégias para melhorar esse consumo incluem o uso de técnicas passivas de resfriamento, considerando que o controle térmico representa um dos maiores gastos energéticos um exemplo dessa técnica é a modificação da orientação dos edifícios (KHAN et al., 2024). Além disso, pode-se adotar equipamentos mais eficientes em diversas áreas, como iluminação e sistemas HVAC (ONU, 2024), entre outras, também podem contribuir significativamente para a eficiência energética.

### 2.3 CERTIFICAÇÕES E ETIQUETAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Estima-se que por ano, o setor da construção civil utilize ao redor de 9,4 toneladas de recursos naturais por habitante e que seja responsável por 50% de todo o resíduo sólido proveniente de ações humanas e que seja responsável pelo uso de uma considerável quantidade de água e energia (DE CONTO; DE OLIVEIRA; RUPPENTHAL, 2017). Esses valores claramente demonstram o impacto que esse setor apresenta no meio ambiente.

Esse cenário levou à criação de certificações e etiquetas que, por meio de critérios como consumo de energia elétrica e água, analisam edificações, construídas ou ainda em fase de projeto, que devem atingir um desempenho mínimo para serem certificadas (DE CONTO; DE OLIVEIRA; RUPPENTHAL, 2017). Na Figura 6, é possível ver alguns tipos de certificações e etiquetas existentes no mundo.

Figura 6 – Exemplos de certificações e selos existentes



Fonte: De Conto; de Oliveira; Ruppenthal, 2017

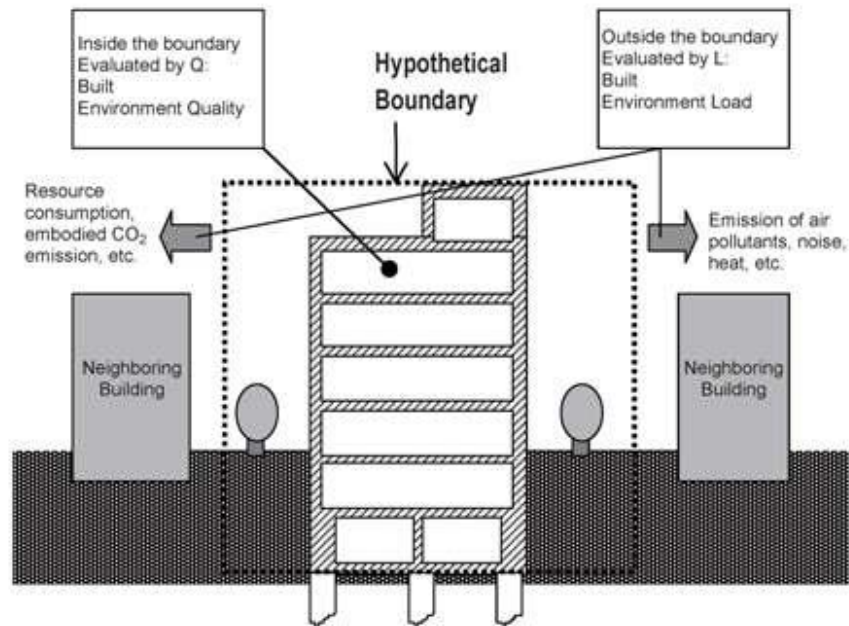
### 2.3.1 Certificações ambientais para edifícios

Das certificações apresentadas na Figura 6, todas avaliam o uso de energia, mesmo que de forma integrada a outros critérios. A seguir, serão apresentadas brevemente algumas delas.

Desenvolvido na Inglaterra, o BREEAM (*Building Research Establishment an Environmental Assessment Method*) foi o primeiro selo de certificação ambiental implementado e, atualmente, é aplicado mundialmente, com centenas de milhares de construções certificadas. Dividido em 10 categorias, às quais são atribuídas pontuações conforme sua importância, destaca-se a categoria de energia, que avalia emissões de CO<sub>2</sub>, tecnologias de baixo carbono, medição de energia eficiente e edifícios com sistemas que promovam a eficiência energética (JAGGER; OLIVEIRA; BEZERRA, 2011).

Composto por apenas 4 categorias: eficiência energética, eficiência no uso de recursos, ambiente externo e ambiente interno, o CASBEE (*Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*) foi desenvolvido no Japão levando em consideração problemas específicos do país, ela avalia a construção de duas formas, a qualidade interna da região do edifício e o impacto que ele provoca ao ambiente externo, como pode ser visto na Figura 7 (JSBC, s.d.).

Figura 7 – Envoltórias CASBEE



Fonte: CASBEE, s.d.

Já o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), originado nos Estados Unidos, o LEED é uma das certificações mais difundidas do mundo, estando presente em pelo menos 150 países, incluindo o Brasil. Entre seus critérios de avaliação encontra-se a categoria “Energia e Atmosfera”, que analisa a eficiência energética das edificações por meio de simulações, medições, técnicas e equipamentos eficientes (PASSOS; BRUNA, 2019).

De acordo com o *Green Building Council* Brasil, o país registra 156 edificações registradas ou certificadas pelo LEED, das quais cerca de 25% (40) estão localizadas em Brasília. São Paulo ocupa a segunda posição, com 20 edificações certificadas (GBC, s.d.).

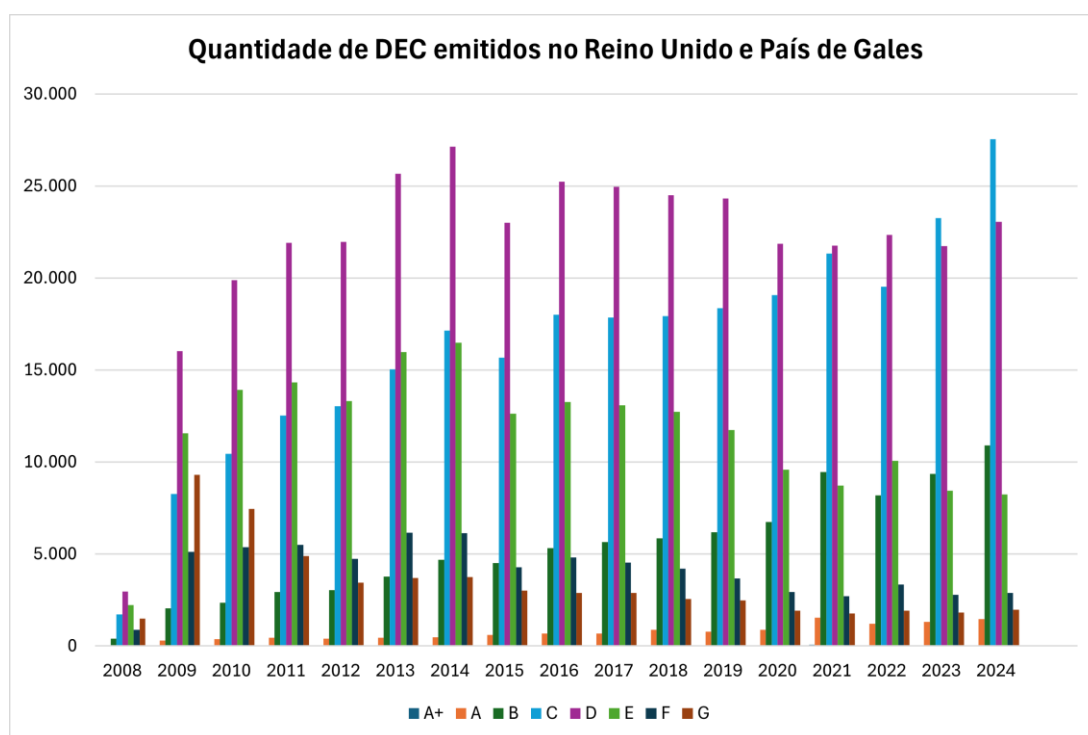
### 2.3.2 Programas de etiquetagem

desenvolvida pelo governo indiano, a Etiqueta Estrela para Casas Energeticamente Eficientes (*Star Label for Energy Efficiency Homes*), ela analisa a performance por metro quadro de edificação e a compara com um modelo padrão para definir quantas estrelas a construção apresenta (INDIA, s.d.).

O DEC (*Display Energy Certificate*) sendo uma certificação do Reino Unido e País de Gales, essa etiqueta apresenta uma estrutura de classificação muito semelhante ao PBE. Essa vertente dos Certificados de Performance Energética é voltada para edifícios com mais de 500 m<sup>2</sup> e para prédios ocupados, total ou parcialmente, por uma entidade pública. Nesses casos, a adesão ao programa é obrigatória, e a renovação do certificado ocorre de maneira programada, conforme a área da construção (UK, 2015).

Iniciado em outubro de 2008, o DEC certificou 9.707 edifícios em apenas três meses. Sua classificação é dividida em categorias que vão de A+, a melhor, até G, a pior. Inicialmente, a maioria das certificações era emitida na categoria D, mas, com a mudança no requisito mínimo para o nível C em edifícios cuja certificação é obrigatória, houve uma alteração nesse panorama, como pode ser observado na Figura 8 (UK, 2025).

Figura 8 – Gráfico do número de emissões do DCE por categoria



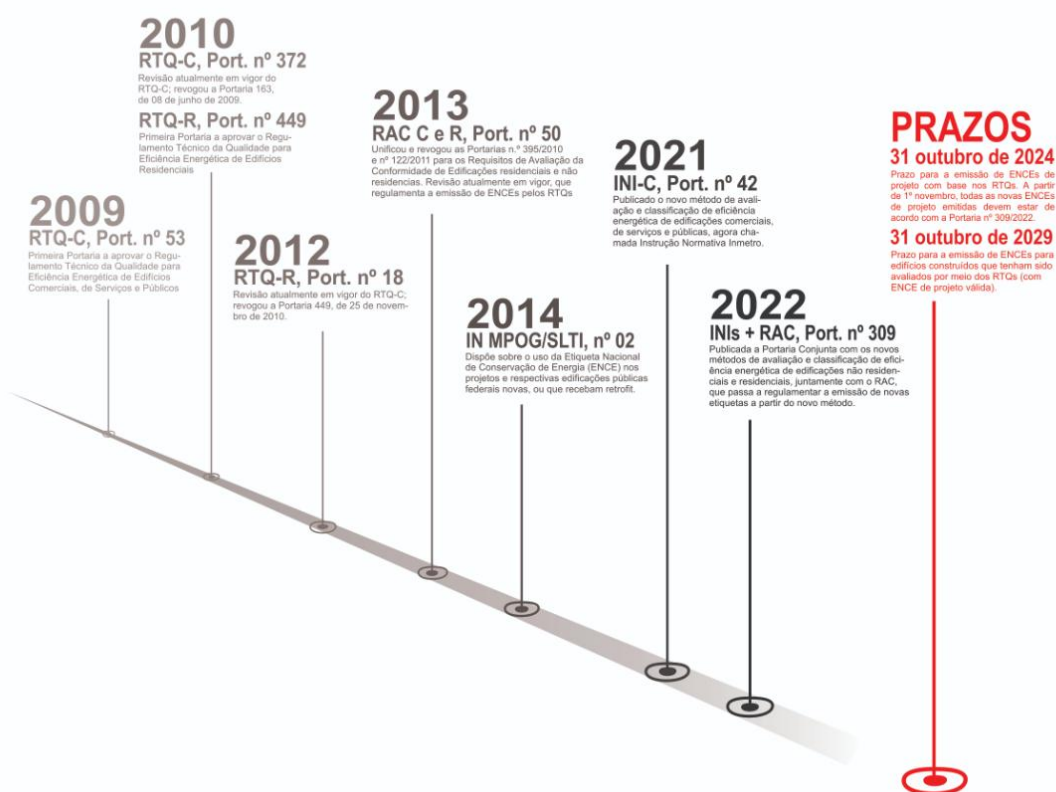
Fonte: Table DEC1: Display Energy Certificates by local authority and energy performance operational rating (Adaptada).



desperdício de energia elétrica e incentivar o seu uso de forma consciente apresentando duas vertentes, o Selo Procel Eletrobras e o Procel Edifica (BRASIL, 2021).

O Procel Edifica é, desde 2009, um programa voltado especificamente para a avaliação de edificações brasileiras quanto ao uso de energia elétrica. Ao longo do tempo, o programa passou por diversas alterações (Figura 10) e, desde outubro de 2024, passou a adotar dois métodos de avaliação: a Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C) e a Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (INI-R) (PBE Edifica, s.d.d).

Figura 10 – Modificações do Procel Edifica ao longo do tempo



Fonte: PBE Edifica, 2024.

### 2.5.1 Procel Edifica – INI-C

De acordo com a EPE (2024a), o setor público foi responsável por 8,9% do consumo de energia no Brasil em 2023, o que representa um aumento global

de 5,2% em relação a 2022. Dessa forma, assegurar uma maior eficiência energética nas construções é essencial para um futuro sustentável.

Dentro do PBE, edificações públicas se enquadram no método INI-C, que avalia o consumo de energia primária por meio de simulações e/ou simplificações. De modo geral, há dois métodos simplificados: um para edifícios condicionados artificialmente e outro para edifícios ventilados naturalmente ou híbridos. A avaliação abrange obrigatoriamente a envoltória completa e, além disso, pelo menos um dos seguintes sistemas: iluminação, condicionamento de ar ou aquecimento de água (BRASIL, 2025).

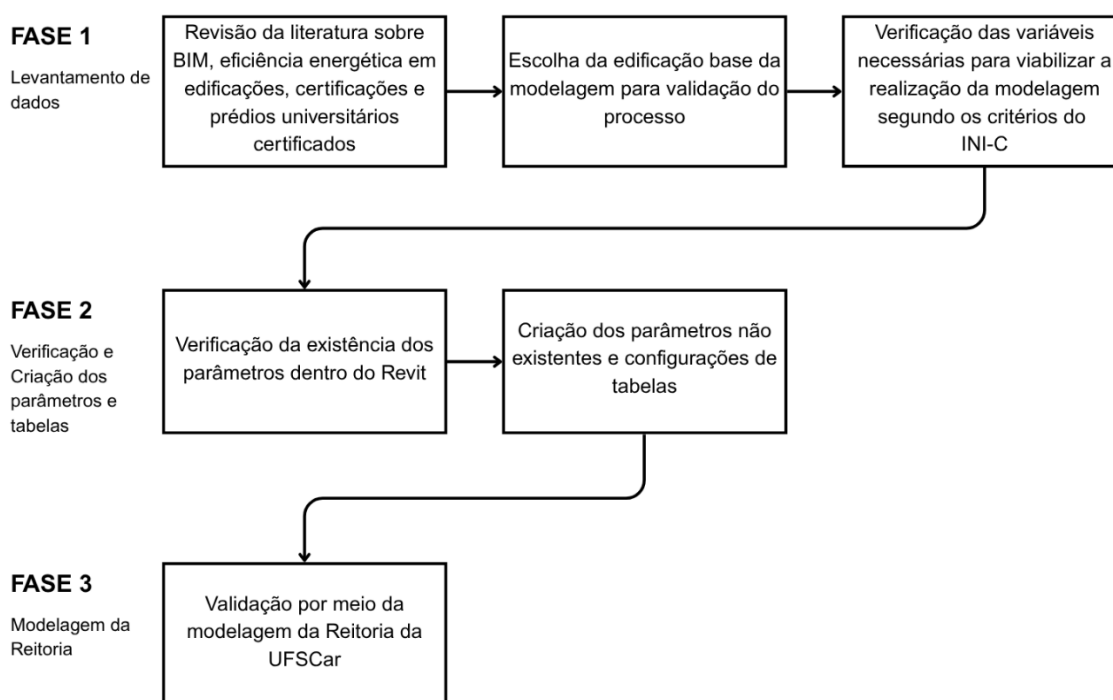
Para a aplicação do método em edificações ventiladas naturalmente ou híbridas, algumas condições são impostas, como: ser uma edificação escolar ou de escritório, ter um formato retangular ou quadrado, apresentar um horário de ocupação compatível com sua função segundo tabelas disponibilizadas pelo INMETRO, dispor de espaços internos com metragem similar, contar com aberturas para ventilação em espaços de permanência prolongada e apresentar parâmetros construtivos que estejam dentro dos limites estabelecidos pelo método.

A determinação da classificação da edificação é feita por meio de uma comparação. Para isso, é criada uma edificação simulada com parâmetros pré-estabelecidos, que representa a categoria D. Com base nos valores obtidos, analisa-se o percentual de redução do consumo de energia primária ( $RedC_{EP}$ ) em relação ao modelo de referência, o que define a classificação da edificação dentro das classes A até E (BRASIL, 2025).

### **3 METODOLOGIA**

Este trabalho foi realizado essencialmente em três fases. A primeira consiste no levantamento de dados, a segunda na verificação dos parâmetros e a última na modelagem e extração das informações do modelo, como demonstrado na Figura 11.

Figura 11 – Metodologia empregada



Fonte: Autoria própria, 2025.

### 3.1 FASE 1

Esta fase teve início com a revisão da bibliografia disponível sobre os temas BIM e eficiência energética, analisando a existência de uma correlação entre eles e a relevância dessa interação. Em seguida, foram levantados dados sobre os processos de avaliação da eficiência energética de edificações, especificamente certificações e etiquetas, com foco no Procel Edifica, uma etiqueta brasileira aplicável a prédios públicos.

A segunda etapa consistiu na seleção da edificação que serviria de base para a aplicação e validação do método INI-C, por meio da modelagem no software Autodesk Revit. Optou-se pela utilização do prédio da Reitoria do campus São Carlos da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), por se tratar de um edifício público e representativo, o que o torna adequado ao escopo da análise proposta.

Na última etapa desta fase, realizou-se o levantamento das variáveis exigidas pelo método, com o objetivo de identificar quais informações estavam disponíveis no modelo BIM e quais seriam necessárias para a avaliação completa. Essas variáveis estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Limites dos parâmetros de avaliação da envoltória atendidos pelo método simplificado para o aproveitamento da ventilação natural

| Parâmetros   | Limites                   |                            |
|--|---------------------------|----------------------------|
|  | Valor mínimo              | Valor máximo               |
| Absortância solar da cobertura ( $\alpha_{cob}$ )  | 0,2                       | 0,8                        |
| Absortância solar das paredes externas ( $\alpha_{par}$ )  | 0,2                       | 0,8                        |
| Ângulo vertical de sombreamento (AVS)  | 0°                        | 45°                        |
| Área das APPs  | 9 m <sup>2</sup>          | 400 m <sup>2</sup>         |
| Capacidade térmica da cobertura ( $CT_{cob}$ )   | 10 kJ/(m <sup>2</sup> .K) | 400 kJ/(m <sup>2</sup> .K) |
| Capacidade térmica da parede externa ( $CT_{par}$ )  | 40 kJ/(m <sup>2</sup> .K) | 500 kJ/(m <sup>2</sup> .K) |
| Comprimento total<br>maior dimensão entre os lados da edificação                                     | 12 m                      | 200 m                      |
| Fator da área da escada  | 0                         | 0,28                       |
| Fator solar do vidro (FS)  | 0,2                       | 0,8                        |
| Forma das aberturas para ventilação:<br>razão entre a largura e a altura das aberturas de ventilação | 0,1                       | 50                         |
| Número de pavimentos   | 1                         | 5                          |
| Pé-direito   | 2,75 m                    | 4,25 m                     |
| Percentual de área de abertura na fachada total ( $PAF_T$ )  | 0,05                      | 0,7                        |
| Profundidade total<br>menor dimensão entre os lados da edificação                                    | 8 m                       | 50 m                       |
| Transmitância térmica da parede externa ( $U_{par}$ )  | 0,1 W/(m <sup>2</sup> .K) | 5 W/(m <sup>2</sup> .K)    |
| Transmitância térmica da cobertura ( $U_{cob}$ )   | 0,1 W/(m <sup>2</sup> .K) | 5 W/(m <sup>2</sup> .K)    |
| Transmitância térmica do vidro ( $U_{vid}$ )   | 1 W/(m <sup>2</sup> .K)   | 6 W/(m <sup>2</sup> .K)    |

\*Todos os parâmetros relativos às propriedades térmicas devem ser ponderados pela sua área.

Fonte: Brasil, 2022.

### 3.2 FASE 2

A Fase 2 consistiu em determinar como obter, no ambiente BIM, os parâmetros necessários para a aplicação do método INI-C, conforme já apresentados na Tabela 1. A partir desses dados, realizou-se uma análise detalhada para verificar de que maneira cada parâmetro poderia ser extraído ou definido no modelo digital da edificação.

Com o intuito de facilitar essa análise, os parâmetros foram organizados em cinco grupos distintos:

- Nativos: propriedades já existentes no *software*, que exigem apenas o ajuste dos valores conforme o elemento analisado;
- Tabelados: parâmetros obtidos por meio de informações atribuídas às tabelas do Revit, sendo possível manipulá-los por meio de fórmulas e cálculos para se obter os valores desejados;
- Criados: parâmetros para os quais foi necessário criar parâmetros de projeto (*project parameters*), vinculando-os às respectivas categorias de famílias, de modo a registrar as informações desejadas;
- Parcialmente obtidos: parâmetros que exigem complementações externas ao *software* para serem completamente definidos, como medições, planilhas auxiliares ou interpretação técnica;
- Não é possível: parâmetros para os quais não foi possível extrair informações relevantes diretamente do modelo BIM no Revit, impossibilitando sua definição apenas com os recursos disponíveis no *software*.

É importante destacar que, nesta etapa, buscou-se obter os parâmetros da forma mais nativa possível, utilizando apenas os recursos internos do Autodesk Revit. Dessa forma, não foram exploradas alternativas como o uso de *plug-ins* (por exemplo, o Dynamo) ou de outras plataformas de simulação e análise energética, como o Insight, também da Autodesk.

### 3.3 FASE 3

A terceira fase consistiu na modelagem e extração das informações a partir do modelo BIM, utilizando o software Autodesk Revit, com o objetivo de verificar, na prática, a possibilidade de obtenção dos parâmetros necessários para a aplicação do método INI-C.

Inicialmente, foi realizado um processo de modelagem simplificada da edificação selecionada — o prédio da Reitoria da UFSCar — com base em plantas, cortes, elevações e demais documentos técnicos disponíveis. Durante essa etapa, foram desenvolvidas famílias, criados parâmetros de projeto e

realizadas modificações nos materiais, de forma a atender às exigências do método de avaliação energética.

Concluída a modelagem, os parâmetros foram extraídos diretamente do software, por meio de tabelas, visualizações ou relatórios, conforme as possibilidades identificadas na Fase 2. Os resultados obtidos foram então comparados com os dados de uma avaliação anterior, realizada por Pozzobon (2024), apresentados na Tabela 2, com o intuito de verificar a coerência e confiabilidade dos valores extraídos via BIM.

Tabela 2 – Valores de propriedades térmicas encontradas por Pozzobon (2024).

| <b>Parâmetros</b>  | <b>Valores Encontrados</b> |
|--|----------------------------|
| Absortância solar da cobertura ( $\alpha_{cob}$ )  | 0,46                       |
| Absortância solar das paredes externas ( $\alpha_{par}$ )  | 0,35                       |
| Ângulo vertical de sombreamento (AVS)  | 10°                        |
| Média de área das APPs   | 31,89 m <sup>2</sup>       |
| Capacidade térmica da cobertura ( $CT_{cob}$ )   | 180 kJ/(m <sup>2</sup> .K) |
| Capacidade térmica da parede externa ( $CT_{par}$ )  | 151 kJ/(m <sup>2</sup> .K) |
| Comprimento total<br>maior dimensão entre os lados da edificação                                     | 57,52 m                    |
| Fator da área da escada  | 0,0039                     |
| Fator solar do vidro (FS)  | 0,87                       |
| Forma das aberturas para ventilação:<br>razão entre a largura e a altura das aberturas de ventilação | 2,0506                     |
| Número de pavimentos   | 2                          |
| Pé-direito   | 2,998 m                    |
| Percentual de área de abertura na fachada total ( $PAF_T$ )  | 21,64 %                    |
| Profundidade total<br>menor dimensão entre os lados da edificação                                    | 54,64 m                    |
| Transmitância térmica da parede externa ( $U_{par}$ )  | 2,39 W/(m <sup>2</sup> .K) |
| Transmitância térmica da cobertura ( $U_{cob}$ )   | 1,79 W/(m <sup>2</sup> .K) |
| Transmitância térmica do vidro ( $U_{vid}$ )   | 5,70 W/(m <sup>2</sup> .K) |

Fonte: Pozzobon, 2024.

## 4 RESULTADOS

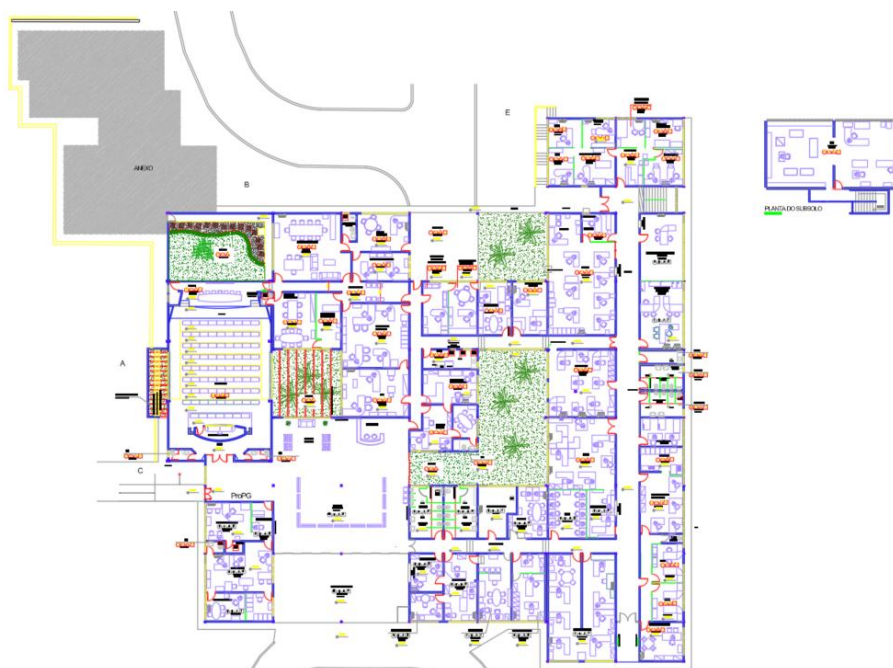
Nesta seção, são apresentados os resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia descrita, com foco na análise do estudo de caso e na verificação de cada parâmetro do método dentro do ambiente do *software* BIM.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

O prédio da Reitoria da Universidade Federal de São Carlos, segundo documentações disponíveis do prédio, apresenta uma área total construída igual a 2.301,49 m<sup>2</sup> e área interna útil de 1.986,984 m<sup>2</sup> sendo, predominantemente, utilizado para atividade de escritório o que acarreta na sua utilização durante a maior parte do ano.

Para o processo de modelagem, utilizou-se como referência um arquivo em formato DWG contendo a planta baixa, conforme ilustrado na Figura 12. Nesse arquivo, estão indicados o pé-direito, os níveis, as áreas dos ambientes, a presença de equipamentos de ar-condicionado, além do quadro de portas e janelas, cortes e elevações.

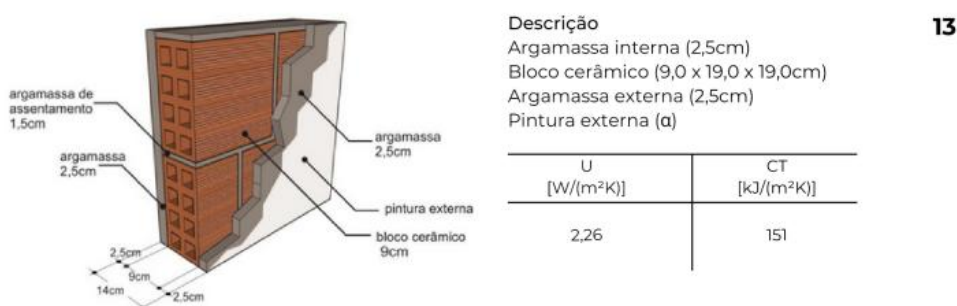
Figura 12 – Planta baixa Reitoria da UFSCar.



Fonte: Autoria própria, 2025.

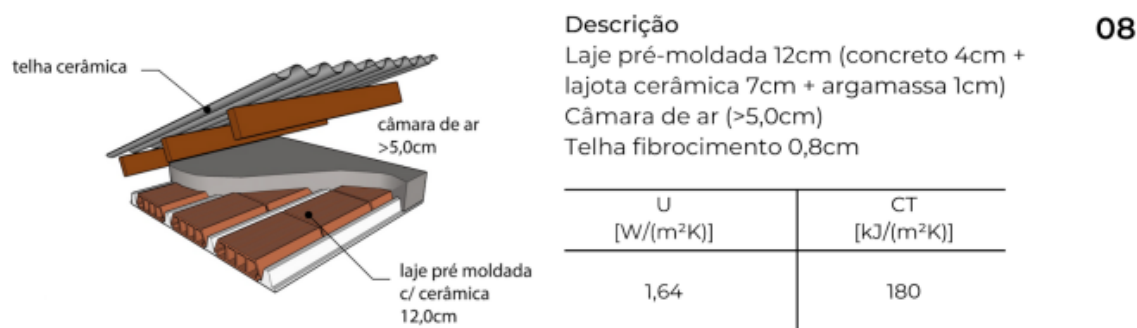
Além disso, com base no trabalho de Pozzobon (2024), foram identificadas as tipologias das paredes, coberturas e vidros das esquadrias, cujos valores de transmitância térmica e capacidade térmica foram extraídos do Catálogo de Propriedades Térmicas disponibilizado para o método RAC do PROCEL, conforme ilustrado nas Figuras 13 e 14

Figura 13 – Propriedades térmicas da parede.



Fonte: Brasil, 2022.

Figura 14 – Propriedades térmicas da cobertura.



Fonte: Brasil, 2022.

## 4.2 IDENTIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS DA CERTIFICAÇÃO DENTRO DO REVIT

Para cada item apresentado na Tabela 1, foi realizada uma análise com o objetivo de verificar se os dados podem ser extraídos diretamente do software, se é necessário realizar configurações específicas para obter os resultados desejados ou se não é possível obter essas informações por meio do programa.

Para facilitar a identificação dos resultados, eles foram separados conforme a classificação apresentada na metodologia.


#### 4.2.1 Parâmetros nativos

Foram identificados 6 parâmetros nativos, a absorvância solar da cobertura, a absorvância solar das paredes externas, o fator solar do vidro, a transmitância térmica da parede externa, a transmitância térmica da cobertura e a transmitância térmica do vidro.

##### 4.2.1.1 Absorvância solar da cobertura ( $\alpha_{cob}$ ) e paredes externas ( $\alpha_{par}$ )

A absorvância solar é a razão entre a energia solar absorvida por uma superfície e a energia solar total recebida por ela (BRASIL, 2022). Esse parâmetro é uma propriedade de tipo pré-existente com o nome “absorção” tanto nas coberturas quanto nas paredes podendo ser alterada diretamente conforme a vontade do usuário (Figura15).

Figura 15 – Absorvância do telhado



The screenshot shows a window titled 'Propriedades de tipo' with a close button (X). It contains dropdown menus for 'Família' (set to 'Família do sistema: Telhado básico') and 'Tipo' (set to 'Telhado ventilado - Concreto'). There are buttons for 'Carregar...', 'Duplicar...', and 'Renomear...'. Below is a table of 'Parâmetros de tipo' with columns 'Parâmetro' and 'Valor'. The 'Absorção' row is highlighted with a blue border.

| Parâmetro                                  | Valor                |
|--|----------------------|
| <b>Construção</b>                          |                      |
| <b>Gráficos</b>                            |                      |
| <b>Propriedades analíticas</b>             |                      |
| Coefficiente de transferência de calor (U) | 0,6020 W/(m²·K)      |
| Resistência térmica (R)                    | 1,6611 (m²·K)/W      |
| Massa térmica                              | 380.832000 kJ/(m²·K) |
| <b>Absorção</b>                            | <b>0,700000</b>      |
| Brilho                                     | 3                    |

Fonte: Autoria própria, 2025

#### 4.2.1.2 Transmitância térmica da cobertura ( $U_{cob}$ ) e Transmitância térmica da parede externa ( $U_{par}$ )

A transmitância térmica é a propriedade que mede a capacidade que o material sendo utilizado nessas estruturas possui de reter calor sendo, portanto, a taxa de transferência de calor que passa por um material.

Dentro do Revit, esse parâmetro é calculado automaticamente a partir das informações inseridas dos materiais que compõem o objeto. Tanto paredes quanto coberturas são construídas por camadas (Figura 16) e o material de cada camada apresenta seu próprio conjunto de propriedades térmicas (Figura 17). Dentre elas existe a propriedade de condutividade térmica que, por meio da Equação 1, retorna automaticamente o valor da transmitância (Figura 18).

$$U = \frac{1}{\sum \frac{\text{Espessura da camada}}{\text{Condutividade térmica}}} \quad (1)$$

Figura 16 – Estrutura de camadas da parede

Editar montagem

Família: Parede básica  
 Tipo: Parede Alvenaria - 14 cm  
 Espessura total: 0,1420 (Padrão)  
 Resistência (R): 0,1233 (m²·K)/W  
 Massa térmica: 211,64 kJ/(m²·K)

Altura da amostra: 6,0000

Camadas

LADO EXTERNO

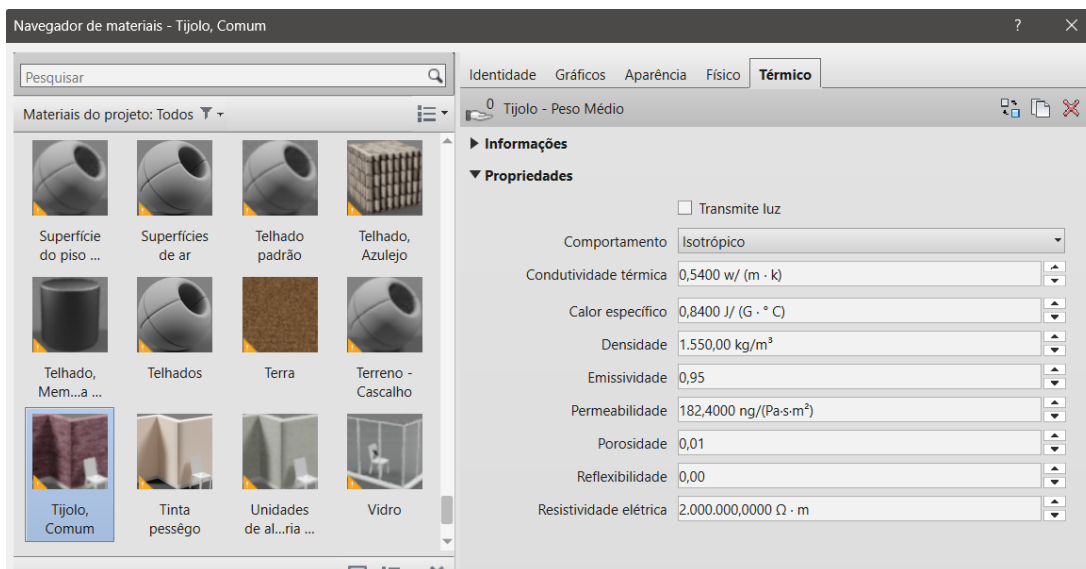
|   | Função                  | Material                      | Espessura     | Coberturas                          | Material estrutural                 | Variável                 |
|---|-------------------------|-------------------------------|---------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| 1 | Estrutura [1]           | Tinta pêssego                 | 0,0010        | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Estrutura [1]           | Argamassa                     | 0,0250        | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> |
| 3 | <b>Limite do núcleo</b> | <b>Camadas acima da vira</b>  | <b>0,0000</b> |                                     |                                     |                          |
| 4 | Estrutura [1]           | Unidades de alvenaria         | 0,0900        | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5 | <b>Limite do núcleo</b> | <b>Camadas abaixo da vira</b> | <b>0,0000</b> |                                     |                                     |                          |
| 6 | Estrutura [1]           | Argamassa                     | 0,0250        | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> |
| 7 | Estrutura [1]           | Tinta pêssego                 | 0,0010        | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> |

LADO INTERNO

Inserir    Duplicar    Excluir    Acima    Abaixo

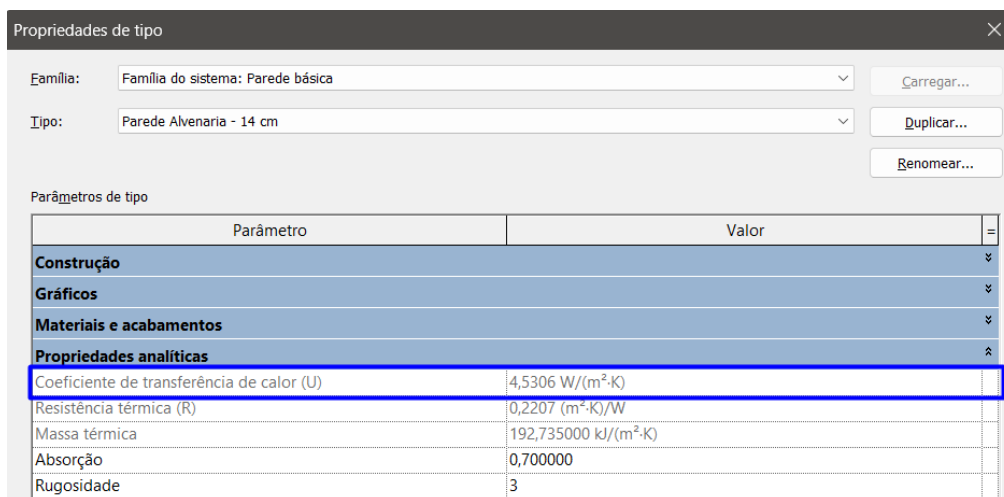
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 17 – Propriedades térmicas do material



Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 18 – Valor da transmitância dado pelo Revit



Fonte: Autoria própria, 2025

#### 4.2.1.3 Fator solar do vidro (FS)

O Fator Solar do vidro representa a fração da radiação solar que é transferida para o interior do ambiente, seja de forma direta ou indireta. Ele é definido como a razão entre o total de calor que atravessa a abertura e a radiação solar incidente sobre ela.

No Revit, esse parâmetro é identificado como “Coeficiente de ganho de calor solar”. Ele está disponível em todas as famílias do tipo janela ou porta, elementos que comumente utilizam vidro. Sua edição é possível apenas durante

o processo de modificação da família, no qual o valor pode ser ajustado de acordo com as propriedades do material empregado.

#### 4.2.1.4 Transmitância térmica do vidro ( $U_{vid}$ )

A transmitância térmica do vidro consta principalmente em dois elementos: nas janelas e nas paredes cortina.

No caso das janelas, esse valor é apresentado diretamente como um parâmetro de tipo, o qual é atualizado automaticamente de acordo com a propriedade de construção analítica (Figura 19). Basta definir o tipo de vidro, e o valor correspondente será exibido.

Figura 19 – Transmitância térmica o vidro em janelas

| Parâmetro                                 | Valor   |
|---|---|
| <b>Construção</b>                         |   |
| <b>Cotas</b>                              |   |
| <b>Propriedades analíticas</b>            |   |
| Construção analítica                      | Vidraça única sem revestimento - 1/4 pol de espessura - vidro v |
| Definir propriedades térmicas por         | Tipo esquemático  |
| Transmissão de luz visual                 | 0,760000  |
| Coeficiente de ganho de calor solar       | 0,600000  |
| Resistência térmica (R)                   | 0,1693 (m²·K)/W   |
| Coeficiente de transferência de calor (U) | 5,9050 W/(m²·K)   |
| <b>Dados de identidade</b>                |   |
| <b>Análise de energia</b>                 |   |
| <b>Parâmetros IFC</b>                     |   |
| <b>Outros</b>                             |   |

Fonte: Autoria própria, 2025

Para as paredes cortina, contudo, o valor da transmitância não pode ser visualizado ou editado diretamente ao selecionar a parede, pois ela não é tratada como um elemento único pelo Revit. Assim, é necessário acessar os componentes internos da parede cortina para consultar esse parâmetro. O valor da transmitância, por sua vez, é determinado pelo material aplicado aos painéis da parede cortina.

## 4.2.2 Parâmetros tabelados

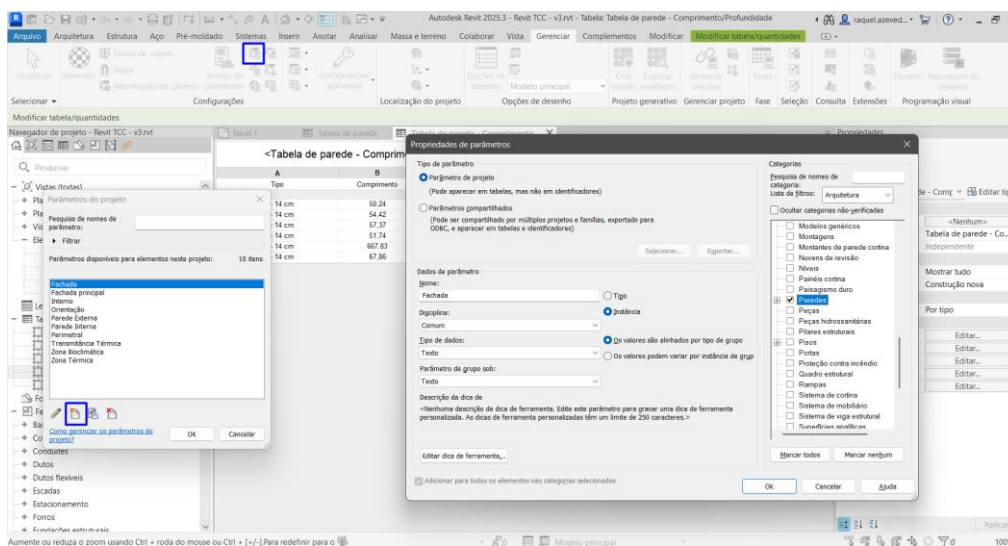
Foram identificados 5 parâmetros tabelados, o comprimento total, a profundidade total, o fator de área de escada, o número de pavimentos e o pé direito.

### 4.2.2.1 Comprimento total e Profundidade total

Pela própria definição do parâmetro, o comprimento total corresponde à maior dimensão dos lados da edificação, enquanto a profundidade refere-se à menor.

Embora o Revit calcule automaticamente o comprimento de cada parede, permitindo o total por meio de tabelas, é necessário inserir um parâmetro adicional que defina a qual lado da edificação cada parede pertence. Para isso, foi criado um parâmetro chamado fachada (Figura 20), aplicado às paredes, no qual é possível indicar se a parede pertence à fachada Norte, Sul, Leste ou Oeste. Dessa forma, torna-se possível agrupar as paredes conforme esse parâmetro e, assim, calcular separadamente o comprimento e a profundidade da edificação (Figura 21).

Figura 20 – Processo de criação de parâmetro no Revit



Fonte: Autoria própria, 2025

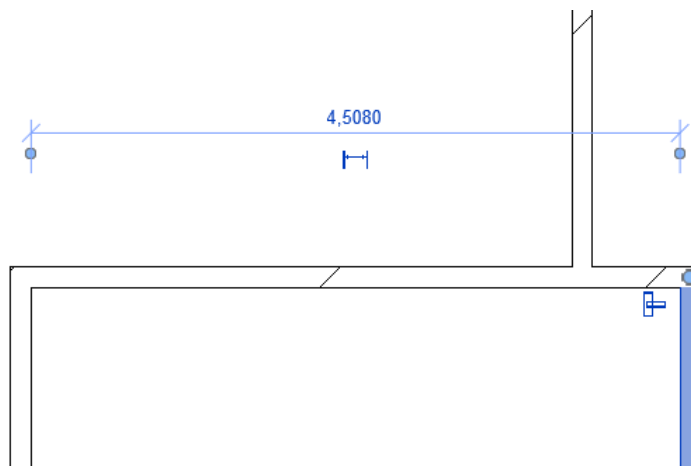
Figura 21 – Tabela para determinação do comprimento e da profundidade

| <Tabela de parede - Comprimento/Profundidade> |             |         |                     |
|---|-------------|---------|---------------------|
| A   | B           | C       | D                   |
| Tipo  | Comprimento | Fachada | Área                |
| Parede Alvenaria - 14 cm                      | 50,24       | S       | 149 m <sup>2</sup>  |
| Parede Alvenaria - 14 cm                      | 54,42       | O       | 168 m <sup>2</sup>  |
| Parede Alvenaria - 14 cm                      | 57,37       | N       | 179 m <sup>2</sup>  |
| Parede Alvenaria - 14 cm                      | 51,74       | L       | 160 m <sup>2</sup>  |
| Parede Alvenaria - 14 cm                      | 667,83      |         | 2056 m <sup>2</sup> |
| Parede Alvenaria - 14 cm                      | 67,86       |         | 200 m <sup>2</sup>  |

Fonte: Autoria própria, 2025

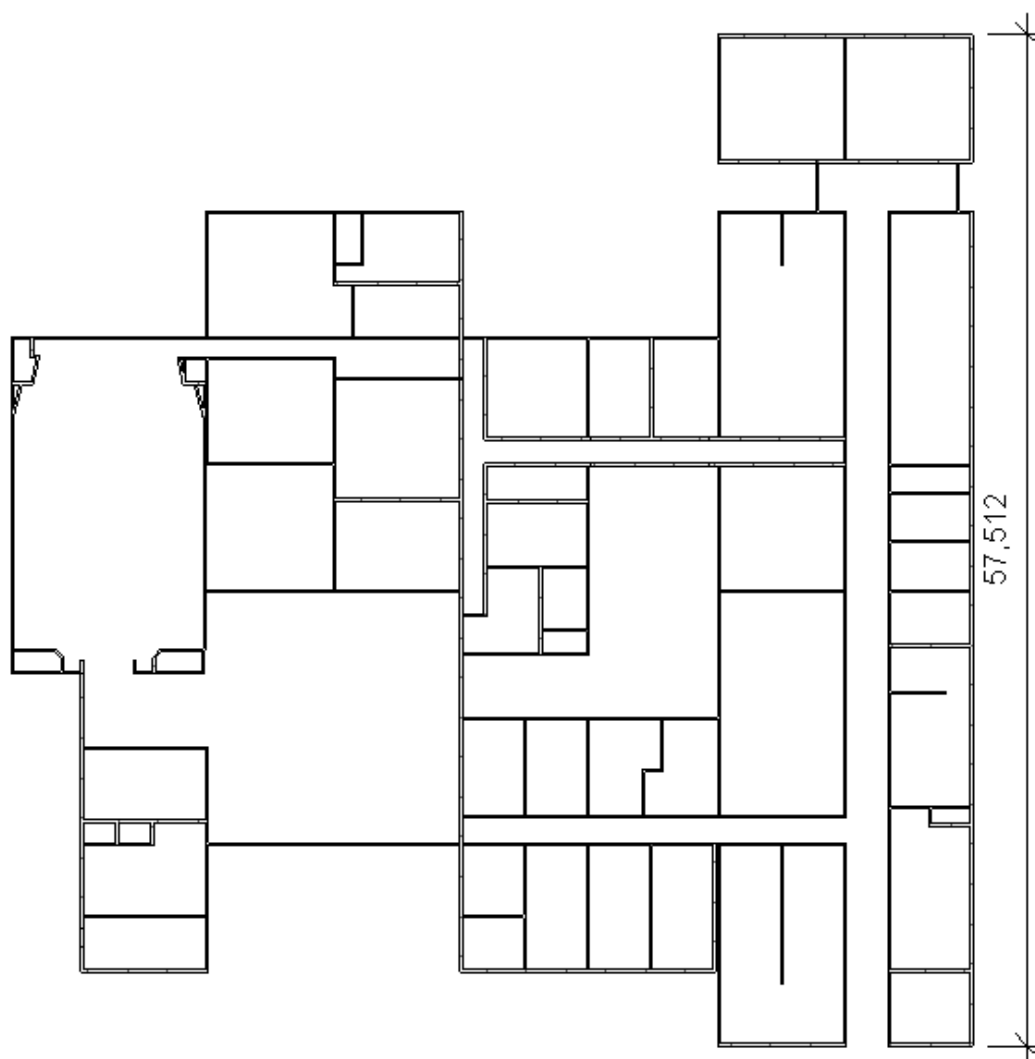
Quanto à precisão do valor determinado na tabela, foi possível identificar uma diferença em relação ao valor real. Essa diferença ocorre devido aos cantos das paredes que, dependendo da modelagem não são contabilizados pela propriedade de comprimento (Figura 22). Um exemplo dessa situação é a fachada N que na tabela apresenta 57,37 metros, como é possível observar na tabela, mas quando medido por cotas (Figura 23) vale 57,512 metros.

Figura 22 – Canto não contabilizado no comprimento



Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 23 – Comprimento medido por cotas



Fonte: Autoria própria, 2025

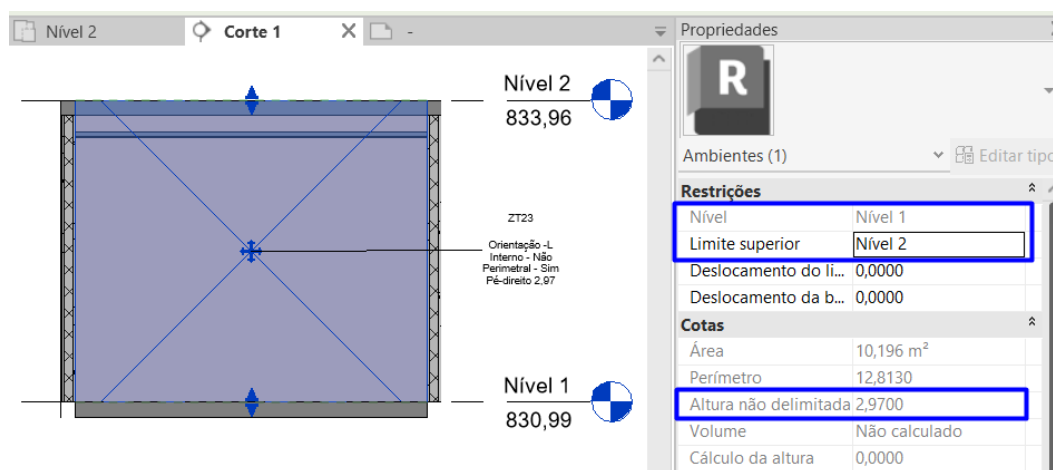
#### 4.2.2.2 Fator da área da escada

Esse fator é um número adimensional, calculado a partir da razão entre a área de circulação vertical e a área total da edificação. Para determinar esse fator, é necessário criar um parâmetro de projeto que identifique uma área como escada, processo já demonstrado no item anterior, e por meio de tabelas calcular a soma da área de escada, a área total e dividir.

#### 4.2.2.3 Pé-direito

Dentro do *software* não existe um parâmetro nativo para pé-direito, mas, ele pode ser obtido por meio da configuração do ambiente. No Revit, é possível restringir um ambiente entre dois níveis e obter o valor dessa altura (Figura 24) que, se configurado corretamente, pode ser igual ao pé-direito desejado.

Figura 24 – Determinação do pé-direito



Fonte: Autoria própria, 2025

#### 4.2.2.4 Número de pavimentos

A determinação do número de pavimentos pode ser feita por meio do uso de níveis e tabelas. Cria-se níveis auxiliares com nomenclatura nomes semelhantes (Figura 25) e com o auxílio da tabela eles podem ser filtrados (Figura 26) e formatados (Figura 27) de modo a devolver o total de pavimentos (Figura 28).

Figura 25 – Níveis criados

|  |          |          |        |
|--|----------|----------|--------|
|  |          | 6º Andar | 842,87 |
|  | Nível 11 |          | 840,90 |
|  |          | 5º Andar | 839,90 |
|  | Nível 10 |          | 837,93 |
|  |          | 4º Andar | 836,93 |
|  | Nível 9  |          | 834,96 |
|  |          | 3º Andar | 833,96 |
|  | Nível 8  |          | 831,99 |
|  |          | 2º Andar | 830,99 |
|  | Nível 7  |          | 829,02 |
|  |          | 1º Andar | 828,02 |

Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 26 – Filtro aplicado aos níveis

Propriedades da tabela

Campos Filtro Classificar/Agrupar Formatação Aparência

Filtrar por: Nome contém Andar

E: (nenhum)

E: (nenhum)

E: (nenhum)

Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 27 – Formatação da tabela

Propriedades da tabela

Campos Filtro Classificar/Agrupar Formatação Aparência

Campos: Nome Contagem

Cabeçalho: Nome

Orientação do cabeçalho: Horizontal

Alinhamento: Esquerda

Formatação do campo: Formato do campo...

Formatação condicional: Formato condicional...

Mostrar formato condicional em folhas:

Campo oculto:

Nenhum cálculo

Indicação de valores múltiplos

Usar configurações do projeto

Exibir como <varia>

Exibir texto personalizado: Quantidade de andares

[Qual é a indicação de vários valores?](#)

Propriedades da tabela

Campos Filtro Classificar/Agrupar Formatação Aparência

Campos: Nome Contagem

Cabeçalho: Contagem

Orientação do cabeçalho: Horizontal

Alinhamento: Esquerda

Formatação do campo: Formato do campo...

Formatação condicional: Formato condicional...

Mostrar formato condicional em folhas:

Campo oculto:

Calcular os totais

Indicação de valores múltiplos

Usar configurações do projeto

Exibir como <varia>

Exibir texto personalizado:

[Qual é a indicação de vários valores?](#)

Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 28 – Número de pavimentos

| <Número de pavimentos> |          |
|------------------------|----------|
| A                      | B        |
| Nome                   | Contagem |
| Quantidade de andares  | 7        |

Fonte: Autoria própria, 2025

### 4.2.3 Parâmetros criados

Foram identificados 2 parâmetros que podem ser criados e extraídos propriamente do Revit, a capacidade térmica da cobertura e a capacidade térmica da parede externa.

4.2.3.1 Capacidade térmica da cobertura ( $CT_{cob}$ ) e Capacidade térmica da parede externa ( $CT_{par}$ )

A capacidade térmica corresponde à quantidade de calor exigida para elevar a temperatura de um sistema em uma unidade.

Essa propriedade não possui um correspondente direto dentro do *software* sendo necessário criar um parâmetro no projeto, processo já detalhado, que permita ao usuário inserir manualmente o valor correspondente a tipologia existente no local.

### 4.2.3 Parâmetros parcialmente obtidos

Foram identificados 3 parâmetros nesta categoria, área das APP, percentual de área de abertura na fachada total e forma das aberturas para ventilação.

#### 4.2.3.1 Área das APP

As áreas de permanência prolongada (APPs) são ambientes nos quais se espera que os usuários da edificação permaneçam por um número elevado de horas.

No Revit, uma APP corresponde a uma característica do ambiente, porém não foi identificado nenhum parâmetro nativo capaz de representar essa informação. Por esse motivo, foi necessário criar um parâmetro específico, utilizando o mesmo procedimento apresentado na Figura 20, para atribuir essa funcionalidade ao modelo. Mesmo assim, tabelas no *software* não são capazes de calcular a média de um total sendo necessário concluir o cálculo manualmente.

#### 4.2.3.2 Percentual de área de abertura na fachada total ( $PAF_T$ )

O percentual de área de abertura na fachada corresponde à razão entre a área destinada à ventilação, que inclui janelas, portas de vidro ou *sheds*, e a área total de cada fachada. Conforme demonstrado no item 4.3, é possível separar todas as paredes de acordo com a fachada e obter seu comprimento. De forma semelhante, também é possível determinar a altura dessas paredes, permitindo o cálculo da área bruta, que pode ser comparada com a área automaticamente disponibilizada pelo Revit, a qual já desconta a área de abertura. Assim, por meio da Equação 2, determina-se o total da área de abertura.

$$\text{Área total de abertura} = \text{Área Bruta} - \text{Área Revit} \quad (2)$$

Dessa forma, obteve-se tanto a área total da fachada quanto área total de aberturas dessa fachada. Entretanto, o Revit não permite realizar cálculos com os totais apurados (Figura 30), apenas linha a linha (Figura 29), o que inviabiliza determinar o parâmetro  $PAF_T$  diretamente pelo *software*.

Figura 29 – Áreas e porcentagens linha a linha

**<Tabela de parede - Fachada>**

| A                                   | B                        | C                    | D                    | E                    |
|-------------------------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Fachada principal                   | Tipo                     | Área calc.           | Área                 | Área de abertura     |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Parede Alvenaria - 14 cm | 14,65 m <sup>2</sup> | 10,59 m <sup>2</sup> | 4,05 m <sup>2</sup>  |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Parede Alvenaria - 14 cm | 22,60 m <sup>2</sup> | 22,60 m <sup>2</sup> | 0,00 m <sup>2</sup>  |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Parede Alvenaria - 14 cm | 21,38 m <sup>2</sup> | 16,53 m <sup>2</sup> | 4,85 m <sup>2</sup>  |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Parede Alvenaria - 14 cm | 42,84 m <sup>2</sup> | 28,92 m <sup>2</sup> | 13,92 m <sup>2</sup> |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Parede Alvenaria - 14 cm | 12,50 m <sup>2</sup> | 8,03 m <sup>2</sup>  | 4,47 m <sup>2</sup>  |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Parede Alvenaria - 14 cm | 8,61 m <sup>2</sup>  | 8,58 m <sup>2</sup>  | 0,03 m <sup>2</sup>  |

Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 30 – Porcentagem não considera o somatório

**<Tabela de parede - Fachada>**

| A                                   | B                        | C                     | D                    | E                    | F          |
|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|------------|
| Fachada principal                   | Tipo                     | Área calc.            | Área                 | Área de abertura     | %          |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Parede Alvenaria - 14 cm | 122,58 m <sup>2</sup> | 95,26 m <sup>2</sup> | 27,32 m <sup>2</sup> | 118,978061 |

Fonte: Autoria própria, 2025

#### 4.2.3.3 Forma das aberturas para ventilação

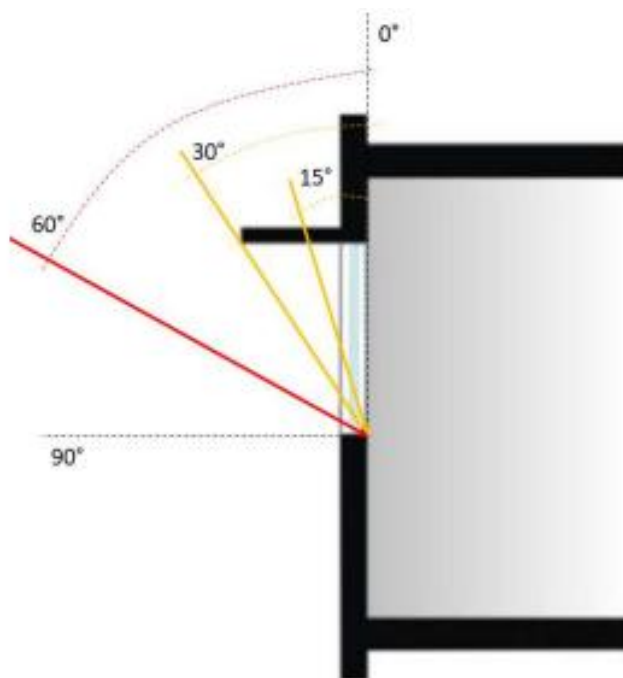
Como mencionado no item anterior, aberturas para ventilação correspondem a janelas, portas ou sheds, e o valor desejado corresponde à razão entre a largura e a altura dessas aberturas. Assim como ocorre com as paredes, é possível criar tabelas de janelas e portas para obter diretamente os valores de largura e altura, sendo necessário apenas criar um campo para o cálculo da razão. Quanto aos sheds, a obtenção desse valor dependerá da modelagem: caso sejam tratados como modelos genéricos, não será possível extrair diretamente esse parâmetro, pois não existe uma categoria específica. No entanto, se forem modelados como janelas, por exemplo, será possível obter o valor desejado.

#### 4.2.4 Parâmetros que não podem ser obtidos

#### 4.2.4.1 Ângulo vertical de sombreamento (AVS)

O ângulo vertical de sombreamento (AVS) é definido como o ângulo limite entre a incidência e a não incidência da radiação solar no interior do ambiente, como ilustrado na Figura 31, na qual o AVS corresponde a 30°.

Figura 31 – Exemplo de AVS



Fonte: Brasil, 2023.

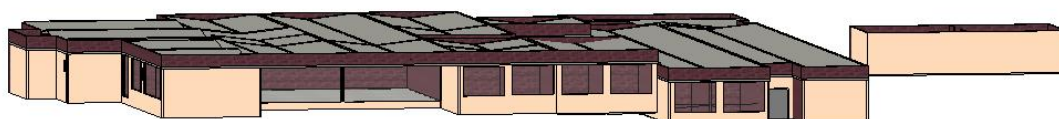
No Revit, esse valor depende de diversos elementos como janelas e pisos. Considerando que não é possível cruzar informações de diferentes categorias, não foi encontrado um modo para extrair esse valor diretamente do *software*.

## 5 MODELAGEM DA REITORIA

Com base nos resultados encontrados nos itens 4.2.1 a 4.2.13, o prédio da Reitoria da Universidade Federal de São Carlos foi modelado segundo os procedimentos encontrados para verificar se, de fato, é possível extrair as informações necessárias. Como o foco principal da modelagem foi a comprovação da possibilidade de obtenção dos parâmetros necessários para a validação junto ao Procel Edifica, não se priorizou a acurácia geométrica do

modelo. Assim, a representação adotada apresenta caráter mais genérico, conforme ilustrado na Figura 32, onde é possível observar, por exemplo, que o subsolo se encontra representado de forma separada da edificação principal, de acordo com a planta disponível em formato dwg.

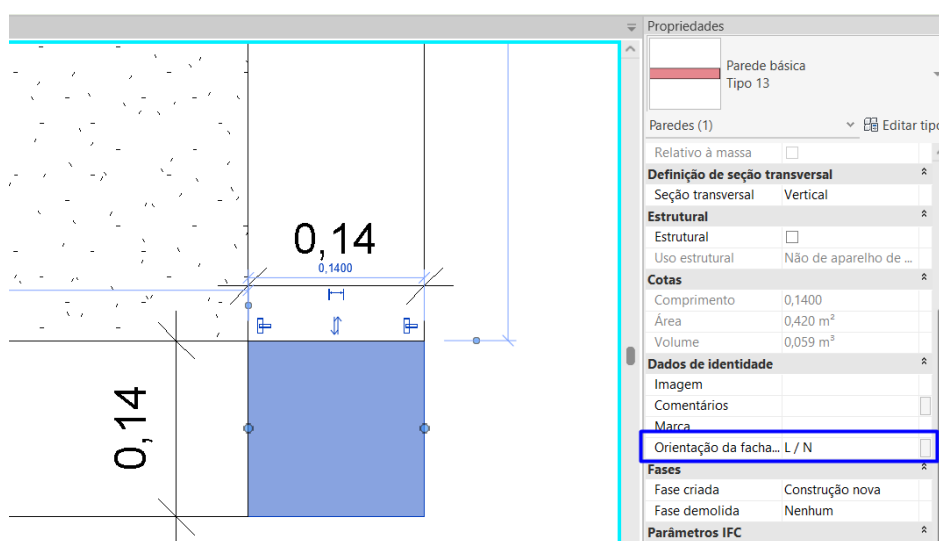
Figura 32 – Modelagem da reitoria



Fonte: Autoria própria, 2025.

Para a correção do problema encontrado nos itens relacionados ao comprimento de fachada, uma saída encontrada foi separar o canto do resto da parede, como demonstrado na Figura 33, atribuindo assim o valor do comprimento em ambas as fachadas. Dessa forma, foi possível por meio de tabelas obter um valor mais exato de comprimento e profundidade como demonstrado na Figura 34.

Figura 33 – Correção do comprimento nos cantos



Fonte: Autoria própria, 2025.

Figura 34 – Comprimento de todas as fachadas

| <Comprimento fachada Oeste> |             |                       |
|-----------------------------|-------------|-----------------------|
| A                           | B           | C                     |
| tx                          | Comprimento | Orientação da fachada |
| Tipo 13                     | 54,66       | Oeste                 |

| <Comprimento fachada Sul> |             |                       |
|---------------------------|-------------|-----------------------|
| A                         | B           | C                     |
| Tipo                      | Comprimento | Orientação da fachada |
| Tipo 13                   | 50,58       | Sul                   |

| <Comprimento fachada Leste> |             |                       |
|-----------------------------|-------------|-----------------------|
| A                           | B           | C                     |
| Tipo                        | Comprimento | Orientação da fachada |
| Tipo 13                     | 54,39       | Leste                 |

| <Comprimento fachada Norte> |             |                       |
|-----------------------------|-------------|-----------------------|
| A                           | B           | C                     |
| Tipo                        | Comprimento | Orientação da fachada |
| Tipo 13                     | 57,51       | Norte                 |

Fonte: Autoria própria, 2025.

Quanto às propriedades físicas ligadas diretamente à parede, transmitância, absorvância e capacidade térmica, é possível observar os resultados obtidos na figura 35. No caso da transmitância, foi criado um tipo de parede específico, com uma única camada e material genérico, como representação, de forma a não ser necessário realizar cálculos que levam em conta as propriedades e espessuras de diversos materiais que formariam cada camada.

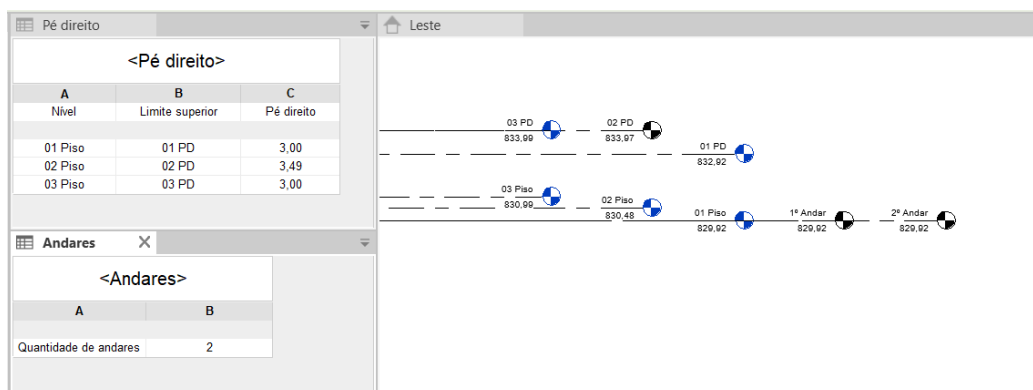
Figura 35 – Propriedades térmicas da parede

| <Propriedades da parede> |          |   |                               |
|--------------------------|----------|---|-------------------------------|
| A                        | B        | C   | D                             |
| Tipo                     | Absorção | Coeficiente de transferência de calor (U) | Capacidade térmica            |
| Tipo 13                  | 0,35     | 2,2600 W/(m <sup>2</sup> ·K)              | 151,00 kJ/(m <sup>2</sup> ·K) |

Fonte: Autoria própria, 2025.

Para os valores referentes ao pé-direito e quantidades de andares, é possível observar os valores encontrados dados em função dos níveis programados no modelo, como demonstrado na figura 36.

Figura 36 – Divisão dos níveis para andares e pé-direito



Fonte: Autoria própria, 2025.

Quanto às propriedades físicas ligadas diretamente à cobertura, transmitância, absorvância e capacidade térmica, é possível observar os resultados obtidos na figura 37. No caso da transmitância, foi criado um tipo de parede específico com uma única camada e material genérico como um representativo para não ser necessário realizar cálculos que levam em conta as propriedades e espessuras de diversos materiais que formariam cada camada.

Figura 37 – Propriedades térmicas do telhado

| A                | B                   | C        | D  | E                             |
|------------------|---------------------|----------|--|-------------------------------|
| Tipo             | Área                | Absorção | Coefficiente de transferência de calor (U) | Capacidade térmica            |
| Genérico - 80 mm | 2003 m <sup>2</sup> | 0,46     | 1,6400 W/(m <sup>2</sup> ·K)               | 185,00 kJ/(m <sup>2</sup> ·K) |

Fonte: Autoria própria, 2025.

A transmitância térmica do vidro e o fator solar para janelas foram ambos ajustados sendo o primeiro uma característica do material e o segundo um parâmetro de família sendo possível observar ambos numa tabela de materiais como visto na figura 38.

Figura 38 – Propriedades dos vidros das janelas

| <Vidro janelas> |                |                   |   |             |
|-----------------|----------------|-------------------|---|-------------|
| A               | B              | C                 | D   | E           |
| Número          | Material: Nome | Material: Área    | Coeficiente de transferência de calor (U) | Fator solar |
| 1               | Vidro          | 13 m <sup>2</sup> | 5,7 W/(m <sup>2</sup> ·K)                 | 0,87        |
| 2               | Vidro          | 22 m <sup>2</sup> | 5,7 W/(m <sup>2</sup> ·K)                 | 0,87        |
| 3               | Vidro          | 26 m <sup>2</sup> | 5,7 W/(m <sup>2</sup> ·K)                 | 0,87        |
| 4               | Vidro          | 30 m <sup>2</sup> | 5,7 W/(m <sup>2</sup> ·K)                 | 0,87        |
| 5               | Vidro          | 2 m <sup>2</sup>  | 5,7 W/(m <sup>2</sup> ·K)                 | 0,87        |
| 6               | Vidro          | 2 m <sup>2</sup>  | 5,7 W/(m <sup>2</sup> ·K)                 | 0,87        |
| 7               | Vidro          | 30 m <sup>2</sup> | 5,7 W/(m <sup>2</sup> ·K)                 | 0,87        |
| 8               | Vidro          | 30 m <sup>2</sup> | 5,7 W/(m <sup>2</sup> ·K)                 | 0,87        |
| 9               | Vidro          | 23 m <sup>2</sup> | 5,7 W/(m <sup>2</sup> ·K)                 | 0,87        |
| 10              | Vidro          | 31 m <sup>2</sup> | 5,7 W/(m <sup>2</sup> ·K)                 | 0,87        |
| 11              | Vidro          | 1 m <sup>2</sup>  | 5,7 W/(m <sup>2</sup> ·K)                 | 0,87        |
| 12              | Vidro          | 17 m <sup>2</sup> | 5,7 W/(m <sup>2</sup> ·K)                 | 0,87        |
| 13              | Vidro          | 12 m <sup>2</sup> | 5,7 W/(m <sup>2</sup> ·K)                 | 0,87        |
| 14              | Vidro          | 1 m <sup>2</sup>  | 5,7 W/(m <sup>2</sup> ·K)                 | 0,87        |
| 15              | Vidro          | 13 m <sup>2</sup> | 5,7 W/(m <sup>2</sup> ·K)                 | 0,87        |
| 16              | Vidro          | 13 m <sup>2</sup> | 5,7 W/(m <sup>2</sup> ·K)                 | 0,87        |
| 17              | Vidro          | 13 m <sup>2</sup> | 5,7 W/(m <sup>2</sup> ·K)                 | 0,87        |
| 18              | Vidro          | 13 m <sup>2</sup> | 5,7 W/(m <sup>2</sup> ·K)                 | 0,87        |
| 19              | Vidro          | 13 m <sup>2</sup> | 5,7 W/(m <sup>2</sup> ·K)                 | 0,87        |
| 20              | Vidro          | 13 m <sup>2</sup> | 5,7 W/(m <sup>2</sup> ·K)                 | 0,87        |
| 21              | Vidro          | 7 m <sup>2</sup>  | 5,7 W/(m <sup>2</sup> ·K)                 | 0,87        |
| 22              | Vidro          | 7 m <sup>2</sup>  | 5,7 W/(m <sup>2</sup> ·K)                 | 0,87        |
| 23              | Vidro          | 22 m <sup>2</sup> | 5,7 W/(m <sup>2</sup> ·K)                 | 0,87        |
| 24              | Vidro          | 29 m <sup>2</sup> | 5,7 W/(m <sup>2</sup> ·K)                 | 0,87        |
| 25              | Vidro          | 13 m <sup>2</sup> | 5,7 W/(m <sup>2</sup> ·K)                 | 0,87        |

Fonte: Autoria própria, 2025.

Quanto ao fator de forma, foi obtido por meio de um parâmetro calculado criado diretamente na tabela, sendo possível observá-lo na figura 39, obtendo assim um resultado para cada abertura. Entretanto, a média deve ser calculada manualmente.

Figura 39 – Fator de forma das aberturas de ventilação

| <Forma das aberturas janela> |        |         |                |
|------------------------------|--------|---------|----------------|
| A                            | B      | C       | D              |
| Número                       | Altura | Largura | Fator de Forma |
| 1                            | 2,20   | 3,03    | 1,377273       |
| 2                            | 2,20   | 5,00    | 2,272727       |
| 3                            | 2,20   | 5,90    | 2,681818       |
| 4                            | 2,20   | 6,84    | 3,109091       |
| 5                            | 0,76   | 1,19    | 1,565789       |
| 6                            | 0,76   | 1,19    | 1,565789       |
| 7                            | 2,20   | 6,84    | 3,109091       |
| 8                            | 2,20   | 6,84    | 3,109091       |
| 9                            | 1,65   | 6,90    | 4,181818       |
| 10                           | 2,22   | 7,00    | 3,153153       |
| 11                           | 0,80   | 0,80    | 1              |
| 12                           | 2,22   | 3,86    | 1,738739       |
| 13                           | 3,00   | 2,05    | 0,683333       |
| 14                           | 0,80   | 0,80    | 1              |
| 15                           | 2,16   | 3,00    | 1,388889       |
| 16                           | 2,16   | 3,00    | 1,388889       |
| 17                           | 2,11   | 3,00    | 1,421801       |
| 18                           | 2,11   | 3,00    | 1,421801       |
| 19                           | 2,11   | 3,00    | 1,421801       |
| 20                           | 2,11   | 3,00    | 1,421801       |
| 21                           | 1,70   | 2,00    | 1,176471       |
| 22                           | 1,70   | 2,00    | 1,176471       |
| 23                           | 1,58   | 7,00    | 4,43038        |
| 24                           | 2,11   | 6,95    | 3,293839       |
| 25                           | 2,30   | 2,96    | 1,286957       |

Fonte: Autoria própria, 2025.

Para o percentual de área de abertura em fachadas, como explicado nos itens anteriores, não é possível obter este valor diretamente, sendo possível apenas obter os totais da área de cada fachada e o total de todas as aberturas como mostra a figura 40.

Figura 40 – Área de abertura de fachada

| <Área de abertura fachada Leste> |             |                     |        |            |                  |
|----------------------------------|-------------|---------------------|--------|------------|------------------|
| A                                | B           | C                   | D      | E          | F                |
| Orientação da fachada            | Comprimento | Altura desconectada | Área   | Área Bruta | Área de Abertura |
| Leste                            | <varia>     | <varia>             | 104 m² | 185 m²     | 81 m²            |

| <Área de abertura fachada Oeste> |             |                     |        |            |                  |
|----------------------------------|-------------|---------------------|--------|------------|------------------|
| A                                | B           | C                   | D      | E          | F                |
| Orientação da fachada            | Comprimento | Altura desconectada | Área   | Área Bruta | Área de Abertura |
| Oeste                            | <varia>     | <varia>             | 139 m² | 184 m²     | 45 m²            |

| <Área de abertura fachada Sul> |             |                     |        |            |                  |
|--------------------------------|-------------|---------------------|--------|------------|------------------|
| A                              | B           | C                   | D      | E          | F                |
| Orientação da fachada          | Comprimento | Altura desconectada | Área   | Área Bruta | Área de Abertura |
| Sul                            | <varia>     | <varia>             | 115 m² | 173 m²     | 58 m²            |

| <Área de abertura fachada Norte> |             |                     |       |            |                  |
|----------------------------------|-------------|---------------------|-------|------------|------------------|
| A                                | B           | C                   | D     | E          | F                |
| Orientação da fachada            | Comprimento | Altura desconectada | Área  | Área Bruta | Área de Abertura |
| Norte                            | <varia>     | <varia>             | 75 m² | 165 m²     | 90 m²            |

Fonte: Autoria própria, 2025.

Por fim, quanto às áreas de permanência prolongada, com o parâmetro que foi criado para ambientes, foi possível observar o valor total por meio de uma tabela de ambientes, figura 41.

Figura 41 – Área de permanência prolongada

| <Área de Permanência Prolongada> |                                     |          |
|----------------------------------|-------------------------------------|----------|
| A                                | B                                   | C        |
| Área                             | APPS                                | Contagem |
| 1665 m²                          | <input checked="" type="checkbox"/> | 79       |

Fonte: Autoria própria, 2025.

## 6 ANÁLISE E DISCUSSÃO

Com base nos resultados obtidos, as condições das variáveis analisadas foram sintetizadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Condição dos parâmetros dentro do Revit

| Parâmetros   | Condição             | Informação Completa |
|--|----------------------|---------------------|
| Absortância solar da cobertura ( $\alpha_{cob}$ )  | Existente            | Sim                 |
| Absortância solar das paredes externas ( $\alpha_{par}$ )  | Existente            | Sim                 |
| Ângulo vertical de sombreamento (AVS)  | Não pode ser obtido  | Não                 |
| Área das APPs  | Pode ser criado      | Não                 |
| Capacidade térmica da cobertura ( $CT_{cob}$ )   | Pode ser criado      | Sim                 |
| Capacidade térmica da parede externa ( $CT_{par}$ )  | Pode ser criado      | Sim                 |
| Comprimento total<br>maior dimensão entre os lados da edificação                                     | Pode ser configurado | Sim                 |
| Fator da área da escada  | Pode ser configurado | Sim                 |
| Fator solar do vidro (FS)  | Existente            | Sim                 |
| Forma das aberturas para ventilação:<br>razão entre a largura e a altura das aberturas de ventilação | Pode ser configurado | Não                 |
| Número de pavimentos   | Pode ser configurado | Sim                 |
| Pé-direito   | Pode ser configurado | Sim                 |
| Percentual de área de abertura na fachada total ( $PAF_T$ )  | Pode ser configurado | Não                 |
| Profundidade total<br>menor dimensão entre os lados da edificação                                    | Pode ser configurado | Sim                 |
| Transmitância térmica da parede externa ( $U_{par}$ )  | Existente            | Sim                 |
| Transmitância térmica da cobertura ( $U_{cob}$ )   | Existente            | Sim                 |
| Transmitância térmica do vidro ( $U_{vid}$ )   | Existente            | Sim                 |

Fonte: Autoria própria, 2025.

Dessa forma, dos 17 parâmetros analisados no método, foi possível observar que:

- 6 são parâmetros nativos do Revit, exigindo apenas que o valor correto seja inserido como entrada;
- 5 podem ser obtidos por meio de tabelas, desde que o modelo siga determinados critérios de modelagem;
- 2 podem ser criados e associados às entidades correspondentes, como cobertura e parede, permitindo a inserção manual do valor necessário;

- 3 podem ser parcialmente obtidos parcialmente sendo necessário terminar o cálculo do parâmetro de maneira não automática;
- 1 não podem ser obtidos por meio de parâmetros nativos, tabelas ou parâmetros personalizados.

Além disso, também foi comparado os valores determinados pela modelagem com os obtidos por Pozzobon (2024) na Tabela 4.

Tabela 4 – Comparação de valores de propriedades.

| Parâmetros   | Pozzobon (2024)            | Modelagem neste trabalho   | Diferença |
|--|----------------------------|----------------------------|-----------|
| Absortância solar da cobertura ( $\alpha_{cob}$ )  | 0,46                       | 0,46                       | 0         |
| Absortância solar das paredes externas ( $\alpha_{par}$ )  | 0,35                       | 0,35                       | 0         |
| Ângulo vertical de sombreamento (AVS)  | 10°                        | Não determinado            | -         |
| Média de área das APPs   | 31,89 m <sup>2</sup>       | 21,08 m <sup>2</sup>       | 33,9%     |
| Capacidade térmica da cobertura ( $CT_{cob}$ )   | 180 kJ/(m <sup>2</sup> .K) | 185 kJ/(m <sup>2</sup> .K) | 2,7%      |
| Capacidade térmica da parede externa ( $CT_{par}$ )  | 151 kJ/(m <sup>2</sup> .K) | 151 kJ/(m <sup>2</sup> .K) | 0         |
| Comprimento total<br>maior dimensão entre os lados da edificação                                     | 57,52 m                    | 57,51 m                    | 0,02%     |
| Fator da área da escada  | 0,0039                     | Não determinado            | -         |
| Fator solar do vidro (FS)  | 0,87                       | 0,87                       | 0         |
| Forma das aberturas para ventilação:<br>razão entre a largura e a altura das aberturas de ventilação | 2,0506                     | 1,9223                     | 6,26%     |
| Número de pavimentos   | 2                          | 2                          | 0         |
| Pé-direito   | 2,998 m                    | 3,16 m                     | 5,40%     |
| Percentual de área de abertura na fachada total ( $PAF_T$ )  | 21,64 %                    | 38,75%                     | 79,07%    |
| Profundidade total<br>menor dimensão entre os lados da edificação                                    | 54,64 m                    | 50,58m                     | 7,43%     |
| Transmitância térmica da parede externa ( $U_{par}$ )  | 2,39 W/(m <sup>2</sup> .K) | 2,26 W/(m <sup>2</sup> .K) | 5,44%     |
| Transmitância térmica da cobertura ( $U_{cob}$ )   | 1,79 W/(m <sup>2</sup> .K) | 1,64 W/(m <sup>2</sup> .K) | 8,38%     |
| Transmitância térmica do vidro ( $U_{vid}$ )   | 5,70 W/(m <sup>2</sup> .K) | 5,70 W/(m <sup>2</sup> .K) | 0         |

Fonte: Autoria própria.

Dessa forma, foi possível determinar que os parâmetros nativos, tabelados e criados, obtidos por meio da modelagem da Reitoria, apresentam boa precisão, com diferenças inferiores a 10% quando comparados aos valores obtidos por Pozzobon (2024). Cabe ressaltar que as divergências observadas nos valores de capacidade térmica da cobertura, transmitância térmica da parede externa e transmitância térmica da cobertura ocorreram devido a uma atualização no Manual RAC (2022), que modificou os valores de referência para essas tipologias construtivas.

Por outro lado, a média das áreas de APP e o percentual de área de abertura nas fachadas, dois parâmetros que não podem ser obtidos integralmente a partir do *software*, apresentaram grande disparidade na comparação com os dados de referência. Esse resultado indica a necessidade de refletir sobre alternativas metodológicas para a obtenção desses valores, considerando a possibilidade de integrar outras ferramentas, realizar medições externas ou desenvolver rotinas específicas que complementem o modelo BIM.

## 7 CONCLUSÕES

Sendo assim, a implementação completa do Procel Edifica de forma automática dentro do Revit sem a utilização de plug-ins ou complementos, utilizando apenas as informações inseridas no modelo foi considerada inviável, uma vez que não é possível obter todos os parâmetros diretamente pelo software.

Deve-se ressaltar ainda que, para obter alguns dos parâmetros, a modelagem deve ser realizada de maneira especificamente voltada para a avaliação do método, o que impossibilita a aplicação em modelos já existentes sem adaptações.

Outro ponto de atenção refere-se à necessidade de pré-programação das famílias e materiais utilizados no modelo. Qualquer alteração, como mudanças no acabamento ou na espessura dos elementos, exigiria a criação de novas variações, o que pode tornar o processo trabalhoso e pouco eficiente. Esse cenário pôde ser claramente observado no prédio da Reitoria da UFSCar, onde foram identificados 30 diferentes tipos de janelas, demandando um processo extenso de parametrização, sem garantia de reaproveitamento em outros projetos.

Dessa forma, conclui-se que a utilização do software Revit Autodesk para o processo de Certificação Procel Edifica, apesar de não ser viável de maneira totalmente automatizada, pode apresentar benefícios, visto que a maior parte dos parâmetros pode ser obtida diretamente, seja de forma nativa ou por meio de cálculos em tabelas configuradas. Contudo, a necessidade de adaptação da modelagem e das famílias utilizadas para atender aos requisitos do processo de certificação impõe limitações quanto à aplicabilidade prática da ferramenta em sua forma convencional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUTODESK. **AUTODESK Revit 2025**. Disponível em:

<https://help.autodesk.com/view/RVT/2025/ENU/>. Acesso em: 16 jan. 2025.

AsBEA – Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura. **Guia AsBEA – Boas Práticas em BIM – Fascículo I**. 2013. São Paulo. Disponível em:

<https://www.asbea.org.br/wp-content/uploads/2022/07/BIM1.pdf>. Acesso em 15 jan. 2025.

AsBEA – Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura. **Guia AsBEA – Boas Práticas em BIM – Fascículo II**. 2015. São Paulo. Disponível em:

<https://www.asbea.org.br/wp-content/uploads/2022/07/BIM2.pdf>. Acesso em 15 jan. 2025.

AVELAR, Pâmela Rebecka; SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves de. **Natural Comfort**: uma comparação da ferramenta original com a adaptação para a INI-C. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2023. **Anais [...]**. [S. l.], 2023. p. 1–10. DOI: 10.46421/encac.v17i1.3904. Disponível em:

<https://eventos.antac.org.br/index.php/encac/article/view/3904>. Acesso em: 6 jan. 2025.

BRASIL. Anexo da Portaria INMETRO nº 309/2022. **Anexo I – Instrução Normativa para a Eficiência Energética das Edificações Comerciais, de Serviço e Públicas (INI-C)**. Brasília, 2022. Atualizado em fev. 2025, conforme Nota Técnica nº 02/2025. Disponível em:

[https://pbeedifica.com.br/sites/default/files/INI/INI-C\\_Portaria\\_309\\_de\\_2022.pdf](https://pbeedifica.com.br/sites/default/files/INI/INI-C_Portaria_309_de_2022.pdf). Acesso em: 18 maio 2025.

BRASIL. Anexo da Portaria INMETRO nº 309/2022. **Manual RAC – Catálogo de propriedades térmicas**. Brasília, 2022. Versão dezembro 2022. Disponível em:

[https://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/Manual%20RAC\\_Cat%C3%A1logo%20de%20propriedades\\_DEZ-22.pdf](https://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/Manual%20RAC_Cat%C3%A1logo%20de%20propriedades_DEZ-22.pdf). Acesso em: 28 jun. 2025.

BRASIL. MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. **Conheça o Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/conheca-o-programa>.

Acesso em: 12 dez. 2024.

BRASIL. **Manual INI-C** Definições. 2023. Disponível em:

[https://pbeedifica.com.br/sites/default/files/manuais/Manual\\_INI-C\\_Definicoes-AGO-23.pdf](https://pbeedifica.com.br/sites/default/files/manuais/Manual_INI-C_Definicoes-AGO-23.pdf). Acesso em: 18 jan. 2025.

BRASIL. MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. **Nova BIM BR – Plano de Trabalho**. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/building-information-modelling-bim/plano-nova-bim-br-v3.pdf> Acesso em: 14 jan. 2024.

BROGGIO, Lucas; XAVIER, Renata Lucon; SERRA, Sheyla Mara Baptista. **Certificações Ambientais na Construção Civil**: contribuições para o desenvolvimento sustentável do espaço urbano. In: Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana, 4., 2023. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2023. DOI: 10.46421/singeurb.v4i00.3606. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/singeurb/article/view/3606>. Acesso em: 12 dez. 2024.

DE CONTO, V.; DE OLIVEIRA, M. L.; RUPPENTHAL, J. E. Certificações ambientais: contribuição à sustentabilidade na construção civil no Brasil. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, [S. l.], v. 12, n. 4, p. 100, 2017. DOI: 10.15675/gepros.v12i4.1749. Disponível em: <https://revista.feb.unesp.br/gepros/article/view/1749>. Acesso em: 17 jan. 2025.

EASTMAN, C. *et al.* **BIM Handbook** A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Hoboken, N.J. : Wiley, 2008.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2024**. 2024a. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/anuario-factsheet-2024.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2025.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **BEN: Relatório Síntese 2024 – Ano Base 2023**. 2024b. Disponível em: [https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/publicacoes/balanco-energetico-nacional/ben-2024/relatorio-sintese/ben\\_sintese\\_2024\\_pt.pdf/view](https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/publicacoes/balanco-energetico-nacional/ben-2024/relatorio-sintese/ben_sintese_2024_pt.pdf/view). Acesso em: 17 jan. 2025.

GBC - *Green Building Council* Brasil. **Empreendimentos LEED**. Disponível em: <https://www.gbcbrasil.org.br/certificacao/certificacao-leed/empreendimentos/>. Acesso em: 18 jan. 2025.

INDIA – GOVERNMENT OF INDIA MINISTRY OF POWER. **Star Label for Energy Efficiency Homes**. s.d. Disponível em: <https://beeindia.gov.in/sites/default/files/Schedule%20for%20BPO%20Building%20Star%20Rating.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2025.

IRENA. **World Energy Transitions Outlook 2022: 1.5°C Pathway**. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2022. Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2022/mar/world-energy-transitions-outlook-2022> Acesso em: 17 jan. 2025.

JAGGER, M.; OLIVEIRA, A. J.; BEZERRA, M. M. **Certificações e selos verdes**. 2011. PUC – Rio. Disponível em: [https://www.puc-rio.br/ensinopesq/ccpg/pibic/relatorio\\_resumo2011/Relatorios/CTCH/DAD/DAD-Michelle%20Jagger.pdf](https://www.puc-rio.br/ensinopesq/ccpg/pibic/relatorio_resumo2011/Relatorios/CTCH/DAD/DAD-Michelle%20Jagger.pdf). Acesso em: 18 jan. 2025.

JSBC - Japan Sustainable Building Consortium. **CASBEE**: The Assessment Method Employed by CASBEE. Disponível em:

<https://www.ibecs.or.jp/CASBEE/english/methodE.htm>. Acesso em: 18 jan. 2025.

KINEBER, A. F. *et al.* Impact of Overcoming BIM Implementation Barriers on Sustainable Building Project Success: A PLS-SEM Approach. **Building**. 2023

DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings13010178>. Disponível em:

<https://www.mdpi.com/2075-5309/13/1/178>. Acesso em: 6 jan. 2025.

KHAN, A. M. *et al.* Optimizing energy efficiency through building orientation and building information modelling (BIM) in diverse terrains: A case study in Pakistan. **Energy**, v 311, 2024. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.133307>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544224030834?via%3Dihub>. Acesso em: 14 dez. 2024.

LEITE, Glaudemir Santos; VIGODERIS, Ricardo; GONZAGA, Neide da Cruz; ROCHA, Lucas de Lucena; DA SILVA, João Manoel; PACHÊCO, Carla Renata Xavier; DOS SANTOS, Elder Rogers Costa; OLIVEIRA, Tamara de Lima. A Gestão de resíduos da construção civil em um empreendimento urbano usando a tecnologia BIM. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, São Paulo (SP), v. 17, n. 9, p. e04035, 2023. DOI: 10.24857/rgsa.v17n9-009. Disponível em: <https://rgsa.openaccesspublications.org/rgsa/article/view/4035>. Acesso em: 6 jan. 2025.

MIRANDA, G. M.; *et al.* Os benefícios e diferenciais da tecnologia BIM na construção civil. **Revista de Gestão e Secretariado**, [S. l.], v. 14, n. 9, p.

15562–15576, 2023. DOI: 10.7769/gesec.v14i9.2809. Disponível em:

<https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/2809>. Acesso em: 15 jan. 2025.

MUTA, L.F.; SILVA, A. C. S. B. da; CORRÊA, L. de V.; SCHRAMM, F. K.;

MELO, A. P. Análise do uso de BIM na extração dos dados necessários para a

avaliação de eficiência energética da INI-C. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1–16. DOI: 10.46421/entac.v19i1.2102. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/2102>. Acesso em: 17 jan. 2025.

ONU – Organização da Nações Unidas. **Global Status Report for Buildings and Construction: Beyond foundations: Mainstreaming sustainable solutions to cut emissions from the buildings sector.** 2024. DOI: <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/45095>. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/45095>. Acesso em: 17 jan. 2025.

PASSINI, A. F. C.; WENDER, A. da S.; DE BORBA, W. F.; RODRIGUES, A. C. A IMPORTÂNCIA DO USO CONSCIENTE E EFICIENTE DA ENERGIA ELÉTRICA EM RESIDÊNCIAS. **Engenharia Urbana em Debate**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 36–50, 2021. DOI: 10.59550/engurbdebate.v2i2.26. Disponível em: <https://www.engurbdebate.ufscar.br/index.php/engurbdebate/article/view/26>. Acesso em: 13 jan. 2025.

PASSOS, . S.; BRUNA, . C. CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL LEED: MAPEAMENTO EM SÃO PAULO. **MIX Sustentável**, [S. l.], v. 5, n. 3, p. 41–54, 2019. DOI: 10.29183/2447-3073.MIX2019.v5.n3.41-54. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/3025>. Acesso em: 18 jan. 2025.

PBE EDIFICA. **CONHECENDO A ETIQUETA PBE EDIFICA.** s.d.a. Disponível em: <https://pbeedifica.com.br/conhecendo-pbe-edifica>. Acesso em: 11 dez. 2024.

PBE EDIFICA. **EDIFICAÇÕES ETIQUETADAS.** s.d.b. Disponível em: <https://pbeedifica.com.br/edificacoes-etiquetadas/comercial>. Acesso em: 06 jan. 2025.

PBE EDIFICA. **INI-C**. s.d.c. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/sobre>. Acesso em: 11 dez. 2024.

PBE EDIFICA. **SOBRE**. s.d.d. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/sobre>. Acesso em: 11 dez. 2024.

PEREIRA, V. *et al.* Using BIM to improve building energy efficiency – A scientometric and systematic review. **Energy and Buildings**, v. 250, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111292>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778821005764>. Acesso em: 14 dez. 2024.

POZZOBON, E. M. **Etiquetagem de Eficiência Energética de Prédios Públicos**: Estudo de caso da reitoria da UFSCar – SP. 2024. Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/19160/TCC%20Eduardo%20Machry%20Pozzobon%20-%20P%c3%b3s-Defesa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 13 dez. 2024.

QUINTAS, Maria Carolina da Silva. Metodologia BIM para controle de Obras Públicas.. **Boletim do Gerenciamento**, [S.l.], v. 15, n. 15, p. 13-21, jun. 2020. ISSN 2595-6531. Disponível em: <https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/262>>. Acesso em: 13 jan. 2025.

SANHUDO, L. *at al.* Building information modeling for energy retrofitting – A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v 89, p. 249-260, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.064>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032118301503?via%3Dihub>. Acesso em: 14 dez. 2024.

UK – Ministry of Housing, Communities & Local Government. **2010 to 2015 government policy**: energy efficiency in buildings. 2015. Disponível em:

<https://www.gov.uk/government/publications/2010-to-2015-government-policy-energy-efficiency-in-buildings/2010-to-2015-government-policy-energy-efficiency-in-buildings>. Acesso em: 20 fev. 2025.

UK – Ministry of Housing, Communities & Local Government. Live tables on Energy Performance of Buildings Certificates. **Table DEC1**: Display Energy Certificates by local authority and energy performance operational rating. 2025. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/statistical-data-sets/live-tables-on-energy-performance-of-buildings-certificates>. Acesso em: 21 fev. 2025.

ZARDO, P.; RIBEIRO, L. A.; MUSSI, A. Q. APLICAÇÕES DE BIM E DESIGN PARAMÉTRICO PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS EDIFICAÇÕES: UMA ANÁLISE DE APLICAÇÕES PRÁTICAS. **Arquitetura Revista**, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 238–255, 2019. DOI: 10.4013/arq.2019.152.02. Disponível em: <https://revistas.unisinos.br/index.php/arquitetura/article/view/arq.2019.152.02>. Acesso em: 17 jan. 2025.

ZIGURAT Instituto de Tecnologia. **Qual software BIM devo usar?**. 2018. Brasília. Disponível em: [https://www.e-zigurat.com/pt-br/blog/qual-software-bim-devo-usar/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.e-zigurat.com/pt-br/blog/qual-software-bim-devo-usar/?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 15 jan. 2025.