



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

PEDRO SOUZA LEITE

**BIM E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA A EDIFÍCIOS
COMERCIAIS NAS ETAPAS INICIAIS DO PROJETO
ARQUITETÔNICO**

PEDRO SOUZA LEITE

**BIM E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA A
EDIFÍCIOS COMERCIAIS NAS ETAPAS INICIAS DO PROJETO
ARQUITETÔNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Centro de Tecnologia e Urbanismo da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Camila Gregório Atem

LONDRINA - PR
2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Leite, Pedro Souza.

BIM E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA A EDIFÍCIOS COMERCIAIS
NAS ETAPAS INICIAIS DO PROJETO ARQUITETÔNICO / Pedro Souza Leite.
- Londrina, 2025.
150 f. : il.

Orientador: Camila Gregório Atem.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2025.
Inclui bibliografia.

1. Simulação Energética - Tese. 2. Sustentabilidade - Tese. I. Atem, Camila Gregório. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Tecnologia e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

CDU 62

PEDRO SOUZA LEITE

**BIM E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA A
EDIFÍCIOS COMERCIAIS NAS ETAPAS INICIAS DO PROJETO
ARQUITETÔNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Centro de Tecnologia e Urbanismo da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Camila Gregório Atem
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Profa. Dra. Thalita Gorban Ferreira Giglio
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Maurício Hidemi Azuma
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 18 de dezembro de 2025.

AGRADECIMENTOS

Início essa dissertação agradecendo aqueles aos quais permitiram que esta pesquisa fosse realizada.

À Prof^a. Camila Gregório Atem, orientadora, por suas contribuições, parceria e condução da orientação da pesquisa, que fez da jornada exploratória mais leve, desde o início do desenvolvimento da dissertação até a banca final.

Aos docentes das disciplinas realizadas ao longo do curso, Camila Gregório Atem, Thalita Gorban Ferreira Giglio, Fernando Fernandes, Emilia Kiyomi Kuroda, Berenice Martins Toralles, Cesar Imai e Rodrigo Rossetto Pescim. Ao ler a dissertação é clara a contribuição de cada através das aulas ministradas, trabalhos realizados e atividades propostas que me capacitaram e fundamentaram a pesquisa, sendo muito do material apresentado desenvolvido ao longo das aulas.

À equipe Projetek, extremamente solícita e disposta na colaboração da pesquisa, através do fornecimento do projeto desenvolvido, participação da entrevista, e apoio quanto às dúvidas das informações do modelo.

À minha família. À minha esposa Maria Clara Monteiro de Moraes Leite, que me apoiou desde o início e com quem tenho a felicidade de compartilhar cada conquista. Às minhas filhas Olívia, Clara e Ana, e aos que virão, que são meu combustível para buscar cada vez mais crescimento.

À Deus, a quem dedico tudo que realizo.

RESUMO

LEITE, Pedro Souza. **BIM e eficiência energética aplicada a edifícios comerciais nas etapas iniciais do projeto arquitetônico**. 2025. 150f. Dissertação de Mestrado (Pós-graduação em Tecnologia e Gestão na Construção Civil) – Centro de Tecnologia e Urbanismo, Engenharia Civil, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2025.

A sustentabilidade é um tema em pauta atualmente e assunto recorrente em encontros internacionais, que acentuam sua importância para a manutenção dos ciclos planetários e sobrevivência da humanidade. O consumo de energia elétrica vem se expandindo no Brasil e no mundo nos últimos anos, apontando uma tendência de contínuo crescimento nos próximos anos. Sabe-se que ao menos 51% da energia elétrica utilizada no país é consumida nas edificações. Esse aumento no consumo foi influenciado diretamente pela maior utilização de aparelhos de ar-condicionado. Assim, é importante a adoção de medidas passivas que aprimorem o desempenho térmico das edificações tornando-as energeticamente mais eficientes, enquanto estabelecem maior conforto ao usuário e menor necessidade de aparelhos consumidores de energia. Dessa forma este trabalho busca verificar a aplicabilidade de uma ferramenta de simulação energética, Autodesk Insight Carbon, disponível no mercado, incorporada à ferramenta BIM (Building Information Modeling), Revit, como auxiliar na tomada de decisões com foco na eficiência energética na etapa de concepção do projeto arquitetônico. Um escritório de projetos é utilizado como estudo de caso. As fases da pesquisa se desenvolvem com: revisão sistemática da literatura, entrevista semi-estruturada e escolha do projeto a ser simulado, simulação da edificação através do método simplificado da INI-C (Instrução Normativa Inmetro para a Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas), simulação na ferramenta Autodesk Insight Carbon/Revit testando seus diferentes modos de simulação. Após os primeiros resultados houve um refinamento das simulações através de variáveis como alteração de absorvância, propriedades térmicas das paredes e cobertura, percentual de abertura e sombreamento e orientação da edificação. Realizou-se comparações e entre as respostas obtidas para cada variável, e discussão dos resultados. Como resultado, obteve-se um entendimento maior da ferramenta de simulação, verificando que há fragilidades, onde todos os cenários, em algum momento, apresentaram inconsistências de resultados considerando as variáveis alteradas entre si, e nas maiorias das vezes contraditórios em comparação com as simulações da INI-C. A ferramenta insight pode ser usada com cautela por projetistas para soluções convencionais, no entanto é preciso ter conhecimento prévio sobre eficiência energética tanto para inserção dos dados como para a leitura de seus resultados, que podem não ser fidedignos com a realidade.

Palavras-chave: *Autodesk Insight Carbon*; INI-C; simulação energética; sustentabilidade.

ABSTRACT

LEITE, Pedro Souza. **BIM and energy efficiency applied to commercial buildings in the early stages of architectural design**. 2025. 150f. Master's Dissertation (Post Graduation in Technology and Management in Civil Construction) – Center for Technology and Urbanism, Civil Engineering, State University of Londrina, Londrina, 2025.

Sustainability is currently a prominent topic and a recurring subject in international meetings, which emphasize its importance for maintaining planetary cycles and ensuring the survival of humanity. Electricity consumption has been expanding in Brazil and worldwide in recent years, indicating a trend of continuous growth in the coming years. It is known that at least 51% of the electricity used in the country is consumed in buildings. This increase in consumption has been directly influenced by the greater use of air-conditioning systems. Therefore, it is important to adopt passive measures that improve the thermal performance of buildings, making them more energy-efficient while providing greater user comfort and reducing the need for energy-consuming equipment. In this context, this study aims to verify the applicability of an energy simulation tool, Autodesk Insight Carbon, available on the market and integrated into the BIM (Building Information Modeling) tool Revit, as a support for decision-making focused on energy efficiency during the architectural design phase. A design office was used as a case study. The research phases included: a systematic literature review, a semi-structured interview and selection of the project to be simulated, building simulation using the simplified method of INI-C (Inmetro Normative Instruction for the Energy Efficiency of Commercial, Service, and Public Buildings), and simulation using Autodesk Insight Carbon/Revit testing its different simulation modes. After the initial results, the simulations were refined by adjusting variables such as changes in absorptance, thermal properties of walls and roof, percentage of openings and shading, and building orientation. Comparisons were made among the responses obtained for each variable, followed by a discussion of the results. As a result, a deeper understanding of the simulation tool was achieved, revealing existing weaknesses. All scenarios, at some point, presented inconsistencies in the results when considering the variables modified in relation to one another, and in most cases, they were contradictory compared to the INI-C simulations. The Insight tool can be used cautiously by designers for conventional solutions; however, prior knowledge of energy efficiency is necessary both for data input and for interpreting its results, which may not always accurately reflect reality.

Keywords: Autodesk Insight Carbon; INI-C; energy simulation; sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Crescimento da temperatura da superfície global.....	22
Figura 2 – Matriz Elétrica Brasileira 2023 e 2024.....	24
Figura 3 – Exemplo Etiqueta PBE Edifica para edificações comerciais e de serviço público.....	26
Figura 4 – Zoneamento bioclimático por desempenho térmico e umidade relativa.....	30
Figura 5 – Curva de MacLeamy – Esforço X Efeito em projetos.....	32
Figura 6 – Interface Autodesk Insight Carbon – Resultados.....	43
Figura 7 – Fluxograma Método.....	46
Figura 8 – Vista 3D - Galpões Geminados – Cafeara/PR.....	49
Figura 9 – Divisão Interna - Galpões Geminados – Cafeara/PR.....	50
Figura 10 – Detalhamento estrutura e vedação.....	50
Figura 11 – Detalhamento cobertura.....	51
Figura 12 – Composição e propriedades térmicas paredes.....	51
Figura 13 – Composição e propriedades térmicas piso.....	52
Figura 14 – Propriedades térmicas vidro.....	52
Figura 15 – Cor amarelo girafa.....	53
Figura 16 – Temperatura Anual – Paranapoema.....	54
Figura 17 – Umidade Anual – Paranapoema.....	55
Figura 18 – Pluviosidade Anual – Paranapoema.....	55
Figura 19 – Rosa dos Ventos – Paranapoema.....	56
Figura 20 – Fluxograma avaliação Método Simplificado INI-C.....	57
Figura 21 – Divisão zonas térmicas da edificação.....	62
Figura 22 – Localização climática projeto Revit.....	69
Figura 23 – Criação de espaços.....	70
Figura 24 – Configuração “Cargas elétricas”	71
Figura 25 – Configuração Tipo de Espaço “Área de vendas de comercialização - Varejo”	72
Figura 26 – Tabela de Ocupação.....	73
Figura 27 – Tabela de iluminação e potência.....	73
Figura 28 – Propriedades térmicas materiais – Revit.....	74
Figura 29 – Propriedades térmicas componentes – Parede Externa – Revit.....	75

Figura 30 – Propriedades térmicas componentes – Piso – Revit.....	75
Figura 31 – Propriedades térmicas componentes – Cobertura.....	75
Figura 32 – Propriedades térmicas componentes – Vidro – Revit.....	75
Figura 33 – Modo de simulação – Cenário 01.....	76
Figura 34 – Opção de detalhamento das propriedades térmicas dos materiais – Cenário 01.....	76
Figura 35 – Configuração Tipo de Espaço “Área de vendas de comercialização - Varejo” – Cenário 2.....	77
Figura 36 – Tabela de ocupação, iluminação e potência – Cenário 2.....	78
Figura 37 – Opção de detalhamento das propriedades térmicas dos materiais – Cenário 3.....	79
Figura 38 – Configuração propriedades térmicas dos materiais “Tipos conceituais” – Cenário 3.....	79
Figura 39 – Modo de simulação – Cenário 04.....	80
Figura 40 – Resultados Autodesk Insight Carbon.....	81
Figura 41 – Subdivisão resultado anual Autodesk Insight Carbon.....	82
Figura 42 – Fluxograma Simulações e Variáveis.....	83
Figura 43 – Sombreamento Aberturas Fachada Norte e Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS).....	85
Figura 44 – Comparativo edificação de referência e edificação real – Envoltória.....	93
Figura 45 – Comparativo edificação de referência e edificação real – Iluminação.....	94
Figura 46 – Comparativo edificação de referência e edificação real – Equipamentos.....	95
Figura 47 – Ausência da identificação da cobertura principal e espaços dos salões.....	96
Figura 48 – Simplificação da geometria.....	97
Figura 49 – Identificação da cobertura principal e espaços dos salões.....	97
Figura 50 – Resultados Insight – Cenário 01 – Nativa Elementos.....	98
Figura 51 – Resultados Insight – Cenário 02 – Aproximada INI-C.....	99
Figura 52 – Resultados Insight – Cenário 03 – Conceitual.....	100
Figura 53 – Resultados Insight – Cenário 04 – Espaços.....	101
Figura 54 – Resultados – Modo de Simulação Insight Carbon x INI-C – Iluminação.....	102
Figura 55 – Resultados – Modo de Simulação Insight Carbon x INI-C – Equipamentos.....	103
Figura 56 – Resultados – Modo de Simulação Insight Carbon x INI-C - Carga Térmica Resfriamento.....	105

Figura 57 – Resultados – Absortância Parede Externa.....	108
Figura 58 – Resultados – Absortância Cobertura.....	109
Figura 59 – Resultados – Propriedades Térmicas – Paredes.....	111
Figura 60 – Resultados – Propriedades Térmicas – Cobertura.....	112
Figura 61 – Resultados – Aberturas e Sombreamento.....	114
Figura 62 – Resultados – Orientação da Edificação.....	115
Figura 63 – Simetrias e Assimetrias – Resultados.....	117

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Limites dos parâmetros de avaliação da envoltória atendidos pelo método simplificado – Edificações condicionadas artificialmente.....	27
Quadro 2 – Limites dos parâmetros de avaliação da envoltória atendidos pelo método simplificado – Edificações ventiladas naturalmente ou híbridas.....	27
Quadro 3 – Resultados Revisão Sistemática – Estudos BIM e Eficiência Energética.....	35
Quadro 4 – Tipos existentes de conexão BIM x BEM.....	39
Quadro 5 – Relação de entrevistas.....	48
Quadro 6 – Planilha Template – Aba “Geral”	58
Quadro 7 – Edificações de varejo – comércio: coeficiente de redução da carga térmica anual da classificação D para A com base no fator de Forma (FF) e classificação.....	59
Quadro 8 – Limites do intervalo de classificação.....	60
Quadro 9 – Propriedades térmicas dos componentes – Paredes Externas.....	60
Quadro 10 – Propriedades térmicas dos componentes – Paredes Internas.....	60
Quadro 11 – Propriedades térmicas dos componentes – Cobertura.....	61
Quadro 12 – Propriedades térmicas dos componentes – Piso.....	61
Quadro 13 – Propriedades térmicas dos componentes – Vidro.....	61
Quadro 14 – Características zonas térmicas – Localização e geometria.....	62
Quadro 15 – Características zonas térmicas – Uso, paredes, coberturas e pisos...62	
Quadro 16 – Características zonas térmicas – Vidros, fachada e aberturas.....	63
Quadro 17 – Características zonas térmicas – Cargas internas.....	63
Quadro 18 – Configuração Densidade de Potência Instalada – Aba “Iluminação” ...65	
Quadro 19 – Configuração Densidade de Potência Instalada – Aba “Iluminação” ...65	
Quadro 20 – Configuração Levantamento de Potência Instalada – Aba “Geral”	66
Quadro 21 – DPE (Densidade de Potência Instalada Equipamentos) – Aba “Equipamentos”	66
Quadro 22 – Identificação das Variáveis e Simulações.....	84
Quadro 23 – Importância variável de projeto.....	89
Quadro 24 – Ordenação importância variável de projeto.....	90
Quadro 25 – Coeficiente de redução de carga térmica total – Comércio.....	91

Quadro 26 – Limites do intervalo de classificação – Resultados.....	92
Quadro 27 – Cargas térmicas envoltória.....	92
Quadro 28 – Cargas térmicas resfriamento.....	92
Quadro 29 – Resultados eficiência energética envoltória - % de Redução e Classificação – Envoltória.....	93
Quadro 30 – Resultados eficiência energética envoltória - % de Redução e Classificação – Iluminação.....	94
Quadro 31 – Resultados eficiência energética envoltória - Consumo – Equipamentos.....	95
Quadro 32 – Resultados – Modo de Simulação Insight Carbon x INI-C – Iluminação.....	102
Quadro 33 – Resultados – Modo de Simulação Insight Carbon x INI-C – Equipamentos.....	103
Quadro 34 – Resultados – Modo de Simulação Insight Carbon x INI-C – Carga Térmica Resfriamento.....	104
Quadro 35 – Resultados – Modo de Simulação Insight Carbon x INI-C – % de Redução Referência.....	106
Quadro 36 – Resultados – Absortância Parede Externa.....	107
Quadro 37 – Resultados – Absortância Cobertura.....	109
Quadro 38 – Resultados – Propriedades Térmicas – Paredes.....	110
Quadro 39 – Resultados – Propriedades Térmicas – Cobertura.....	112
Quadro 40 – Resultados – Aberturas e Sombreamento.....	113
Quadro 41 – Resultados – Orientação da Edificação.....	115
Quadro 42 – Simetrias e Assimetrias – Resultados.....	116
Quadro 43 – Diferença Resultados % Insight Carbon e INI-C.....	118
Quadro 44 – Atendimento de Expectativa.....	119

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Objetivo Geral.....	20
1.1.1	Objetivos Específicos.....	20
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1	Eficiência Energética e Interfaces com as Questões Ambientais	21
2.2	Métodos de Avaliação e Classificação de Eficiência Energética de Edificações	25
2.3	Definições e Conceitos Termo Energéticos.....	28
2.4	BIM e Interfaces com Sustentabilidade e Simulação Energética	31
2.5	Revisão Sistemática de Literatura – Estudos BIM e Eficiência Energética.....	34
2.6	Interoperabilidade e Dilemas BIM X BEM;.....	38
2.7	Autodesk Insight Carbon como Alternativa.....	41
2.8	Síntese da Fundamentação e Direcionamentos para a Pesquisa	43
3	MÉTODO	45
3.1	Estudo de caso: escritório de projetos PROJETEK	46
3.2	Entrevista semi-estruturada	47
3.3	Projeto estudo de caso	49
3.3.1	Composição da envoltória	50
3.3.2	Clima da cidade de Cafeara-PR	53
3.4	Avaliação termoeenergética Modelo Simplificado INI-C	56
3.4.1	Panorama Geral do Método.....	56
3.4.2	Análise da Envoltória	58
3.4.3	Análise da Iluminação.....	64
3.4.4	Análise dos Equipamentos	65
3.4.5	Outras Análises	67
3.5	Exploração da ferramenta Insight Carbon	67

3.5.1	Cenário 01: Simulação Modo “Elementos de Construção” – Propriedades Térmicas “Elementos Detalhados” – Configuração “Tipo de Espaço” nativa.....	68
3.5.2	Cenário 02: Simulação Modo “Elementos de Construção” – Propriedades Térmicas “Elementos Detalhados” – Configuração “Tipo de Espaço” aproximada INI-C	76
3.5.3	Cenário 03: Simulação Modo “Elementos de Construção” – Propriedades Térmicas “Conceituais” – Configuração “Tipo de Espaço” nativa	78
3.5.4	Cenário 04: Simulação Modo “Ambientes ou Espaços” – Propriedades Térmicas “Conceituais” – Configuração “Tipo de Espaço” nativa	80
3.5.5	Análise Autodesk Insight Carbon	80
3.6	Comparação dos resultados dos softwares	82
3.7	Exploração de Variáveis	83
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	87
4.1	Resultados das entrevistas	87
4.1.1	Identificação dos participantes	87
4.1.2	Caracterização do escritório e dos processos de trabalho	87
4.1.3	Percepções e práticas sobre desempenho térmico e eficiência energética....	88
4.1.4	Ferramentas de análise energética	90
4.1.5	Conclusões gerais sobre o cenário do Projetek.....	90
4.2	Resultado simulação Método Simplificado - Análise	91
4.2.1	Análise da Envoltória	91
4.2.2	Análise da Iluminação.....	94
4.2.3	Análise dos Equipamentos	95
4.3	Resultados simulação Autodesk Insight Carbon – Modos de Simulação	96
4.4	Análise comparativa Autodesk Insight Carbon x Método Simplificado – Modos de Simulação	101
4.4.1	Comparativo consumo primário iluminação e equipamentos.....	102
4.4.2	Comparativo carga térmica de resfriamento	104
4.5	Análise comparativa métodos – Variáveis	107
4.5.1	Absortância – Parede Externa	107
4.5.2	Absortância – Cobertura	108
4.5.3	Propriedades Térmicas – Paredes	110

4.5.4	Propriedades Térmicas – Cobertura	112
4.5.5	Aberturas e Sombreamento	113
4.5.6	Orientação da Edificação	115
4.5.7	Análise Geral das Variáveis	116
5	CONCLUSÃO	121
	REFERÊNCIAS	124
	APÊNDICE A – ENTREVISTA ETAPA DE ANÁLISE	130
	APÊNDICE B – TCLE – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	133
	APÊNDICE C – TERMO DE CONFIDENCIALIDADE E SIGILO	135
	APÊNDICE D – RESPOSTAS DAS ENTREVISTAS ÍNTEGRA	136

1 INTRODUÇÃO

Atualmente observa-se que a questão ambiental é pauta em todo o mundo. O aumento da temperatura planetária, efeito estufa, mudanças climáticas e os recursos finitos têm sido discutidos amplamente nos últimos anos através de encontros e acordos internacionais como a 19.^a Cúpula do G20 do Rio de Janeiro (2024), a Cúpula do Clima de Nova Iorque (2019), a Conferência de Madri (2019), o Acordo de Kigali (2016), o Acordo de Paris (2015), entre outros como as COP's (Conferência das Partes), a última ocorrida em 2025 no Brasil, que enfatizam a importância da cooperação global para combater tais impactos.

Dentre os temas discutidos, o consumo de energia e as fontes energéticas renováveis são de suma importância para atingir os objetivos. No Brasil, o setor de edificações, composto por residências, comércio e edifícios públicos representa mais da metade do consumo total de energia elétrica no Brasil (EPE, 2025), sendo que essa demanda aumenta ano a ano. Apenas no ano de 2024 houve um aumento do consumo percentual da eletricidade nacional de 5,5% em relação ao ano anterior, sendo esse valor diretamente elevado pelo consumo das edificações residenciais e comerciais.

Em seu livro “A Vingança De Gaia”, Lovelock faz uma comparação afirmando que:

Somos como os cupins que, sem pensar, erguem suas espaçosas comunidades de arranha-céus com ar-condicionado. O sistema de eletricidade existe como uma atividade comunitária, mas quase totalmente inconsciente. Não é de admirar que não nos preocupássemos com ela, ao menos até que faltasse. (Lovelock, 2006, p.86)

Nesse trecho, Lovelock (2006) ilustra como nos dias de hoje a sociedade está em tal intensidade familiarizada com a eletricidade que, no dia a dia, apesar de sua constante utilização, não se sabe como esta é produzida, nem seus custos e impactos ambientais.

Portanto, se faz necessário repensar a forma como se consome. Isso implica novos hábitos coletivos, como a redução do abismo de consumo de energia per capita de países ricos e países em desenvolvimento, e hábitos individuais da vida cotidiana e de desperdício de energia, passando pela forma como se constrói e se utiliza as edificações. (IEA, 2024)

Neste ponto, conceber uma edificação energeticamente eficiente é muito importante, pois seu desempenho trará maior conforto ao usuário, reduzindo a necessidade de climatização artificial, e consequente redução no consumo de energia. Tal desempenho

pode ser atingido através de medidas passivas, como o estudo da orientação da edificação, a ventilação natural, elementos e materiais de construção isolantes térmicos, paredes e telhados verdes, sombreamento, utilização de elementos de água e vegetação, entre outros, e passa diretamente pela tomada de decisão do arquiteto que projeta, conforme apontado por Lamberts, Dutra e Pereira (2014). Nas fases de projeto é necessário prever como o edifício se comporta frente às diferentes estratégias.

Os modelos de previsão de energia em edifícios são usados para aprimorar essas estratégias de construção. Segundo Hong e Fan (2016), existem três tipos de modelos: caixa branca, caixa preta e caixa cinza. Os modelos caixa branca de previsão de energia em edifícios são abordagens matemáticas baseadas em princípios físicos. Com o desenvolvimento de algoritmos de aprendizado de máquina, outro tipo de modelo de previsão de energia em edifícios começou a ser usado mais amplamente, a saber, a abordagem orientada por dados, também chamada de abordagem de caixa preta (Hamdaoui et al, 2021). Em seguida, foi desenvolvida a abordagem de caixa cinza, que combina elementos das abordagens de caixa branca e caixa preta.

Os resultados da simulação dos modelos de caixa branca são mais explicáveis do que os dos outros dois modelos (Simo-Tagne et al, 2019)[14]. Também não necessitam de dados de simulações anteriores. Softwares bastante conhecidos fazem parte deste tipo de simulação como o EnergyPlus e Trnsys. No entanto, uma limitação deste método é devido aos muitos dados de entrada necessários, é difícil coletar os parâmetros de construção necessários com detalhes suficientes nas etapas iniciais de projeto (Justo Alonso et al 2022). Já a abordagem do modelo de caixa preta é orientada por dados. Os modelos de caixa preta utilizam conjuntos de dados históricos relacionados ao consumo de energia de edifícios. Como exemplo tem-se uma ferramenta desenvolvida no Brasil a INI-C (INSTRUÇÃO NORMATIVA INMETRO PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS EDIFICAÇÕES COMERCIAIS, DE SERVIÇOS E PÚBLICAS) que em sua versão simplificada utiliza uma metodologia de Equações paramétricas e limites pré-determinados, desenvolvidas a partir de campanhas de simulação paramétrica extensivas usando modelos de referência que preveem o comportamento energético do edifício.

No entanto, uma das desvantagens do modelo de caixa preta é que ele requer conjuntos de dados de alta qualidade. Dados faltantes e erros podem reduzir diretamente a precisão desses modelos. No entanto, esses modelos também têm muitas vantagens.

Por exemplo, eles são altamente adaptáveis e podem ser constantemente atualizados e otimizados à medida que novos dados são inseridos (Gunay et al, 2017).

Segundo Yu et al (2022), há muitas incertezas no processo de previsão de energia de edifícios. Ele levanta principalmente três tipos: fatores humanos, fatores relacionados ao edifício e fatores climáticos.

Os fatores construtivos do edifício têm sido analisados desde o desenvolvimento dos modelos de caixa branca. Esses fatores têm o maior impacto na eficiência energética geral do edifício. Eles incluem o tipo de edifício, a orientação, os parâmetros da envolvente (materiais, tipo de janela, vidro, orientação do edifício etc) e o uso de sistemas de aquecimento, ventilação e ar-condicionado (Yu et al, 2022).

Nas fases de projeto nem todos os parâmetros estão definidos e é nesta etapa que as decisões do projetista têm maior impacto sobre o consumo energético do edifício futuro. Mahmoud et al, (2020) concluem em seu trabalho que há uma falta geral de conhecimento em relação ao tema Simulação do desempenho energético de edifícios (BEPS - Building Energy Performance Simulation). Uma das razões pode estar relacionada ao fato de o BEPS ter sido incorporado ao mundo da arquitetura apenas recentemente, após ter sido desenvolvido principalmente para engenheiros de instalações. O autor também levanta que os arquitetos frequentemente enfrentam prazos apertados durante a fase de projeto conceitual, o que deixa pouco tempo para aprender e implementar as ferramentas BEPS. Há ainda os problemas relacionados a interfaces de usuário deficientes e dificuldades associadas ao processamento e interpretação de entrada e saída de dados.

É importante salientar que simulações sempre serão baseadas em modelos que simplificam fenômenos físicos e, portanto, não podem prever a realidade com precisão absoluta (Donn, M., 2025). Isso reflete a ideia do aforismo de George Box (Box 1976, 1979 apud Donn, 2025): “todos os modelos estão errados, alguns são úteis”.

Para aumentar a confiança nas simulações, é necessário melhorar a qualidade dos dados de entrada, educar os usuários sobre os algoritmos e promover uma compreensão crítica dos resultados, evitando a aceitação cega das previsões (Donn, 2025). Assim, as simulações devem ser vistas como ferramentas para explorar cenários e entender inter-relações no desempenho de edifícios, em vez de fornecer resultados absolutos de "passar ou falhar".

Frente a esta problemática a ferramenta BIM se apresenta como uma ponte entre o projeto arquitetônico e a simulação energética. O conceito do BIM em eficiência energética

sugere a passagem de um processo fragmentado e reativo (com o uso de 2 ou mais softwares para fazer a modelagem energética) para um processo integrado, preditivo e baseado em dados uma vez que tenta incorporar uma ferramenta de auxílio nos cálculos e previsões de energia nos modelos desenvolvidos no software.

Neste sentido, recentemente, em 2025, houve uma importante atualização nas ferramentas de análise energéticas fornecidas pela *Autodesk*, as ferramentas *Autodesk Insight Energy Analysis* e *Green Building Studio*, *plugins do Revit*, foram substituídas pela nova geração do *Autodesk Insight Carbon Analysis*. (Autodesk, 2024).

Na versão anterior, Carmo (2022) estudou ferramentas que poderiam auxiliar os arquitetos a tomarem decisões mais precisas e tecnicamente embasadas em projetos realizados em BIM. Os instrumentos estudados foram o *Plug-in Lighting e Solar*; *Green Building Studio* e *Insight*, pertencentes a *Autodesk* (2022). Ao final do estudo, a autora concluiu que o *Insight* seria a ferramenta mais indicada e de fácil compreensão para a implementação em escritórios de arquitetura, visto que, sua plataforma facilmente gera comparações rápidas, básicas e de fácil interpretação, enquanto as demais exigiam configurações mais complexas e resultados que necessitavam de maior conhecimento e análise técnica para serem interpretadas, dificultando a implementação para o público-alvo.

Carmo (2022) ainda reforça que o *Insight* não é indicado para análises precisas por não atender alguns pontos da normativa brasileira de desempenho térmico ABNT NBR 15575-2, como o cálculo da temperatura interna dos ambientes e faixa de conforto térmico. Carmo (2022) reforça que o *Insight* possui interoperabilidade que poderia ser utilizada para dar continuidade na análise em outros softwares. Outra barreira apontada foi a constante alteração do mercado e das ferramentas disponíveis, inclusive pela própria *Autodesk*, tornando a informação muito dispersa, facilmente desatualizada, e complicando o aprendizado dos profissionais por falta de uma orientação atualizada e confiável, lacuna que será aprofundada neste trabalho.

Desta forma, será avaliado neste trabalho se a atualização da *Autodesk* mantém as barreiras apontadas por pesquisas anteriores, se as aprimora, ou se ainda apresenta novos obstáculos de implantação no cenário nacional brasileiro.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do trabalho é avaliar a aplicabilidade da ferramenta de simulação energética *Autodesk Insight Carbon Analysis/Revit* (Autodesk, 2025) como auxiliar na tomada de decisões nas fases iniciais do projeto, com foco na eficiência energética e na realidade brasileira.

1.1.1 Objetivos Específicos

Entre os objetivos específicos da pesquisa estão:

- Comparar os resultados obtidos pelo método simplificado da INI-C (Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas), com os resultados fornecidos *Autodesk Insight Carbon Analysis* quanto à carga térmica de resfriamento e escalas de eficiência energética, verificando similaridades e métricas;
- Entender o funcionamento de um escritório baseado em BIM, sua relação com a eficiência energética e os conhecimentos da equipe em relação a este tema.
- Verificar o impacto de variáveis construtivas do edifício nos diferentes métodos;
- Apontar potenciais e limitações da utilização do software *Autodesk Insight Carbon Analysis* na concepção inicial do projeto arquitetônico;

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Eficiência Energética e Interfaces com as Questões Ambientais;

De acordo com Simões, Labaki e Leder (2025), a sociedade tem convivido com os graves efeitos das mudanças climáticas, principalmente quanto ao desconforto resultante das ondas de calor, agravados em construções de baixa qualidade, com desempenho térmico insatisfatório. Na busca do conforto, equipamentos mecânicos são utilizados para resfriamento do ambiente, causando um considerável aumento na demanda de energia elétrica.

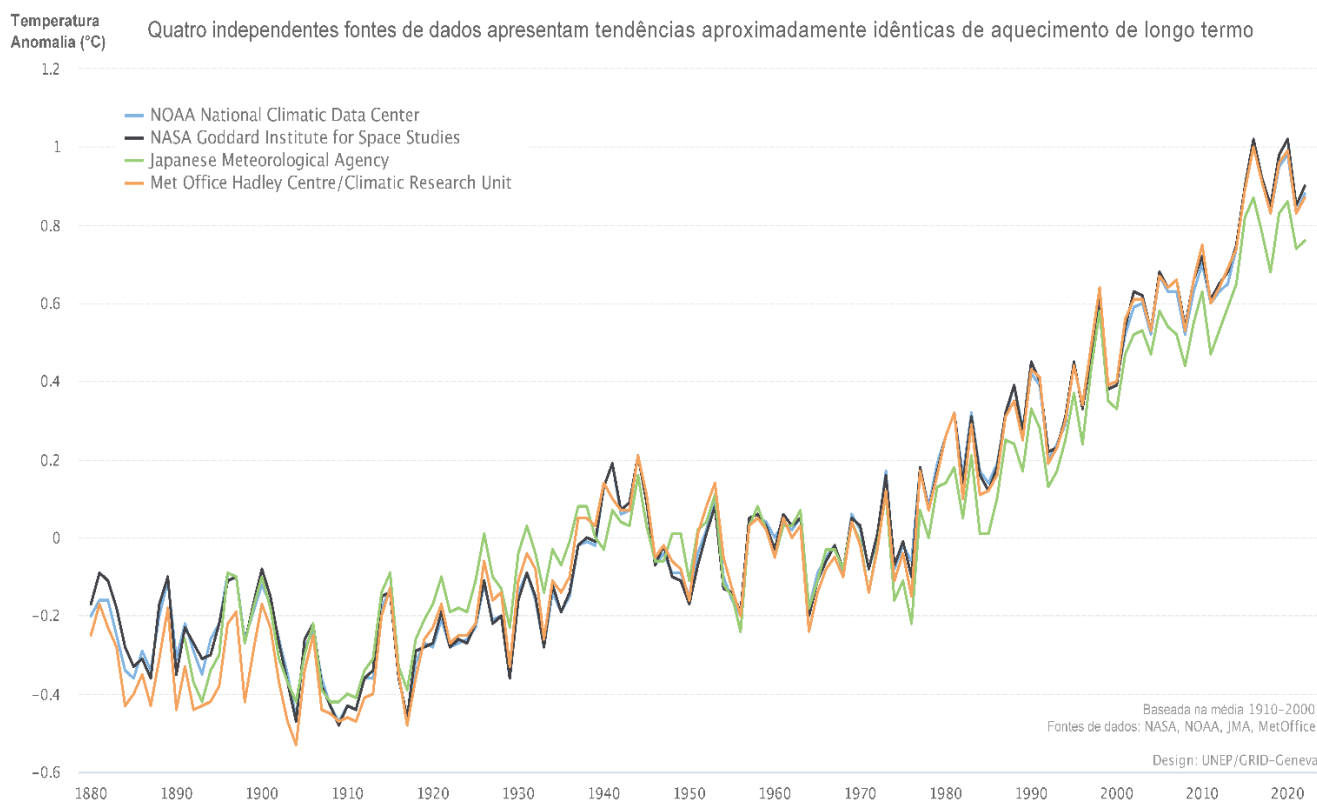
Esse conforto pode ser obtido por meio do desempenho térmico da edificação, que visa amenizar as sensações de desconforto no seu interior independente do clima externo. As variantes que mais interferem nesse desempenho são “a oscilação diária e anual da temperatura e umidade relativa, a quantidade de radiação solar incidente, o grau de nebulosidade do céu, a predominância de época e o sentido dos ventos e índices pluviométricos.” (Frota; Schiffer, 2001, p.53).

Essa afirmação é comprovada no estudo Ghisi et al (2024) que estudaram o comportamento dos usuários em um escritório compartilhado quanto às funcionalidades das janelas e aparelhos de ar-condicionado e verificaram o fechamento das janelas em dias de chuva, até mesmo prévio a precipitação e o acionamento da climatização artificial conforme aumento da temperatura interna e externa ao longo do dia.

Ao pensar na oscilação de temperatura, deve-se considerar que nos últimos anos a temperatura da superfície global tem apresentado uma tendência de aumento considerável, devido às mudanças climáticas, como apresentado na Figura 1:

Figura 1 – Crescimento da temperatura da superfície global

Temperatura da superfície global



Fonte: UNEP (adaptado) (2022)

Conforme Figura 1, observa-se que a partir de 1975, apesar de oscilações de ano a ano, a temperatura da superfície global passou por um crescente. O ano de 2024 foi registrado como o ano mais quente da história de acordo com o relatório da Organização Meteorológica Mundial (OMM), estando 1,55°C acima dos níveis pré-industriais. (ONU, 2025).

Como afirmado acima, as variáveis ambientais impactam a edificação e seu uso (Ghisi et al, 2024). No entanto, é importante destacar que, ao mesmo tempo em que essas variáveis interferem nas condições internas da edificação, elas também passam a modificar as condições climáticas locais, reduzindo áreas permeáveis, alterando as rotas dos ventos, aumentando o sombreamento, entre outros impactos regionais e globais (Frota; Schiffer, 2001).

Um dos exemplos do impacto de uma edificação termicamente desconfortável é utilização de meios artificiais para refrigeração e aquecimento, aumentando o consumo de energia pelo uso de sistemas artificiais de climatização, como aparelhos de ar-condicionado (Teixeira et al, 2022). Efeitos que poderiam ser amenizados por uma edificação mais energeticamente eficiente conforme Frota e Schiffer (2001) mencionam,

buscar um desempenho térmico passivo pode não solucionar em sua totalidade a necessidade de uma climatização artificial para se atingir um conforto térmico na edificação, todavia, é capaz de minimizar a necessidade, e consequentemente reduzir o consumo de energia.

Ghisi et al (2024) reforçam o apresentado ao evidenciar que temperaturas internas elevadas em escritórios, que poderiam ser atenuadas por medidas passivas, são um dos principais fatores de acionamento do ar-condicionado, especialmente após períodos de ocupação prolongada ou retorno do almoço, sendo que o acionamento tende ocorrer a partir de temperaturas internas médias de 26,6°C, indicando uma relação direta entre o desconforto térmico e o consumo energético.

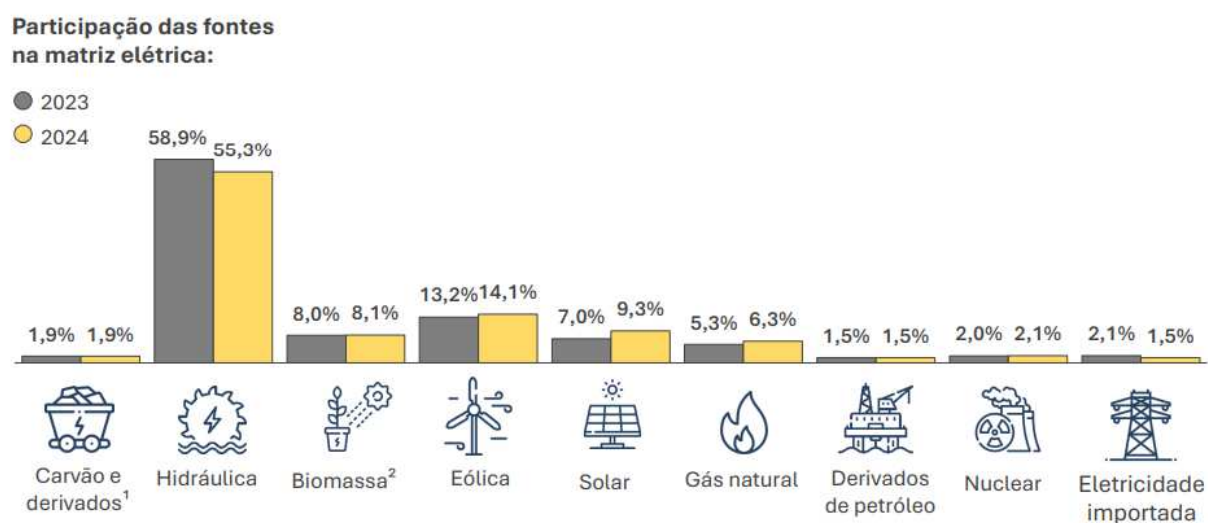
Ao pensar em uma única edificação, tais medidas aparentam ter um impacto muito pequeno, porém, se forem implementadas em um volume maior de edificações, a somatória de pequenas contribuições pode garantir um impacto positivo considerável na demanda energética de uma cidade.

Assim, os hábitos dos ocupantes e as edificações precisam ser repensados como sociedade, visto que o consumo de energia elétrica segue crescendo, tendo um aumento de 5,5% de 2023 para 2024, sendo que “os setores que mais contribuíram para este avanço em valores absolutos foram o Residencial que cresceu 13,6 TWh (+8%), seguido pelo Comercial que aumentou o seu consumo em 7,7 TWh (+7,4%)” (EPE, 2025, p.9).

Havendo um aumento do consumo de energia elétrica por parte das edificações, ocorre consequentemente a necessidade do aumento da geração dessa energia, para não sobrecarregar a infraestrutura hoje existente no Brasil.

Para se entender esse impacto, é preciso compreender a matriz elétrica atual do país, como apresentado no Figura 2:

Figura 2 – Matriz Elétrica Brasileira 2023 e 2024



Fonte: BEN (2025)

Como apresentado na Figura 2, a matriz elétrica brasileira, utiliza-se de 55,3% de geração de energia elétrica provenientes de hidroelétricas, sendo seguida de 14,1% de produção eólica, 8,1% biomassa, 9,3% solar, 6,3% gás natural, 2,1% nuclear, 1,9% de carvão e derivados, 1,5% importada, e 1,5% de derivados de petróleo. Em suma, a produção nacional é majoritariamente hidráulica, o que torna o país vulnerável quando ocorrem períodos de estiagens.

Essa vulnerabilidade estabelece uma situação de insegurança energética no Brasil, que deve ser contornada com o aumento de produção de energia de outras matrizes, enquanto se tenta estabelecer outras medidas que acarretem uma diminuição do consumo, como por exemplo a utilização de bandeiras nas contas de luz, implementada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) desde 2015, regida hoje pela Resolução Normativa nº 1.000 (2021).

O sistema de bandeiras consiste em informar de forma mais clara para o consumidor o custo real da energia daquele mês, sendo que quando a eletricidade está sendo produzida por matrizes mais caras, como as termoeletricas, devido a um período de estiagem, por exemplo, isso é repassado pelo consumidor (ANEEL, 2021).

Toda produção de energia gera algum impacto ambiental, sendo a redução do consumo de energia elétrica a medida mais sustentável. Isso pode ser alcançado por meio da construção de edificações mais eficientes, que incorporem medidas passivas para melhorar seu desempenho, em conjunto com mudanças nos hábitos da sociedade. Esse

enfoque já foi destacado nos trabalhos de Teixeira et al (2022), Ghisi et al (2024) e Simões, Labaki e Leder (2025).

2.2 Métodos de Avaliação e Classificação de Eficiência Energética de Edificações

Em busca da diminuição do consumo energético de edifícios, algumas iniciativas, governamentais e privadas, estão sendo realizadas para verificar as condições dos projetos e sugerir mudanças para a melhoria do conforto térmico do usuário. Essas análises podem ser realizadas através de metamodelos ou simulações computacionais, como será abordado nesse tópico.

No intuito de classificar as edificações e auxiliar o consumidor na escolha de um imóvel mais eficiente, Procel Edifica e CB3E (Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações) desenvolveram um método, que quantifica e apresenta resultados compreensíveis ao usuário final sobre a eficiência energética do edifício para edifícios comerciais, públicos e de serviço. A primeira versão deste método o RTQ-C (Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas) foi aprovada pela Portaria Inmetro nº 372, de 17 de setembro de 2010. A versão atual INI-C (Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas), foi aprovada pela Portaria Inmetro nº 309, de 06 de setembro de 2022 e entrou em vigência em 1º de junho de 2024, conforme estabelecido pela Portaria Inmetro/MDIC nº 23.

De acordo com o INMETRO (2022), a classificação da INI-C é feita por meio de etiquetagem, que classifica as edificações de A à E, representando da mais à menos eficiente, respectivamente. Essa classificação é baseada na comparação do consumo de energia primária entre a edificação real e uma edificação de referência, que é a mesma edificação, mas com classificação D.

Ao final da avaliação, é gerada a Etiqueta PBE Edifica, uma parceria entre o INMETRO e PROCEL Edifica, na qual além da classificação da edificação, são encontradas informações mais detalhadas da envoltória (vedações exteriores, janelas, cobertura), iluminação e condicionamento de ar, entre outros, conforme apresentado na Figura 3:

INMETRO
PBE Edifica

Eficiência Energética Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas
Edificação: XXXXXXXX XXXXXXXXXX

Endereço: XX
Cidade/UF: XXXXXX
Ponto de Venda: XXXXXXXX
Data da ENCE de projeto: XXXXXXXX

☒ ENCE PROJETO ☐ ENCE EDIFICAÇÃO CONSTRUÍDA

[A classe de eficiência energética alcançada deve ser] **[confirmada pela ENCE DA EDIFICAÇÃO CONSTRUÍDA.]**

Índice Eficiência

A
B
C
D
E

A
XXX

Índice Eficiência

Estimativa do Consumo Anual de Gás: XXX m³/ano
Estimativa do Consumo Anual de Energia Elétrica: XXX.XXX.XX kWh/ano
Estimativa do Consumo de Energia Primária: XXX.XXX.XX kWh/ano

INFORMAÇÕES DA EDIFICAÇÃO

Eficiência **B**

Geração de energia renovável
Geração: XXX%
Edificação: XXXXXXXX
Energia gerada: XX.XXX kWh/ano

Uso racional de água
Economia: XXX%
Redução do consumo de água em relação ao consumo de referência

Emissões de CO₂
Emissões CO₂: XXX%
Redução de emissões de CO₂ em relação ao consumo de referência

Observações:
1 - A etiqueta de projeto tem validade de 5 anos ou até ser emitida a etiqueta da edificação construída.
2 - Para verificar a validade da etiqueta, consulte a página eletrônica do INMETRO: www.ence.inmetro.br

PROCEL **PROCEL** **PROCEL** **PROCEL**

QR CODE

A etiqueta apresentada na Figura 3 é o resultado da avaliação realizada através da INI-C, que segundo INMETRO (2022) pode ser obtida através de dois métodos, o simplificado e o de simulação. O método simplificado utiliza-se de um metamodelo, alimentado com informações da edificação e sua envoltória para posterior classificação. Todavia, deve atender critérios de elegibilidade para aplicação no estudo da envoltória, caso estes não sejam atendidos, a envoltória deverá ser avaliada através do método de simulação energética computacional.

26

Quadro 1 – Limites dos parâmetros de avaliação da envoltória atendidos pelo método simplificado – Edificações condicionadas artificialmente

Parâmetros	Limites	
	Valor mínimo	Valor máximo
Absortância solar da cobertura (α_{cob})	0,2	0,8
Absortância solar da parede (α_{par})	0,2	0,8
Ângulo de obstrução vizinha (AOV)	0°	80°
Ângulo horizontal de sombreamento (AHS)	0°	80°
Ângulo vertical de sombreamento (AVS)	0°	90°
Capacidade térmica da cobertura (CT_{cob})	10 kJ/(m ² .K)	450 kJ/(m ² .K)
Capacidade térmica da parede externa (CT_{par})	40 kJ/(m ² .K)	450 kJ/(m ² .K)
Densidade de potência de equipamentos (DPE)	4 W/m ²	40 W/m ²
Densidade de potência de iluminação (DPI)	4 W/m ²	40 W/m ²
Fator solar do vidro (FS)	0,21	0,87
Pé-direito (PD)	2,6 m	6,6 m
Percentual de área de abertura da fachada (PAF)	0%	80%
Transmitância térmica da cobertura (U_{cob})	0,51 W/(m ² .K)	5,07 W/(m ² .K)
Transmitância térmica da parede externa (U_{par})	0,50 W/(m ² .K)	4,40 W/(m ² .K)
Transmitância térmica do vidro (U_{vid})	1,9 W/(m ² .K)	5,7 W/(m ² .K)

Fonte: INMETRO (2022)

Quadro 2 – Limites dos parâmetros de avaliação da envoltória atendidos pelo método simplificado – Edificações ventiladas naturalmente ou híbridas

Parâmetros	Limites (unidade)	
	Valor mínimo	Valor máximo
Absortância solar da cobertura (α_{cob})	0,2	0,8
Absortância solar das paredes externas (α_{par})	0,2	0,8
Ângulo vertical de sombreamento (AVS)	0°	45°
Área das APPs	9 m ²	400 m ²
Capacidade térmica da cobertura (CT_{cob})	10 kJ/(m ² .K)	400 kJ/(m ² .K)
Capacidade térmica da parede externa (CT_{par})	40 kJ/(m ² .K)	500 kJ/(m ² .K)
Comprimento total (maior dimensão entre os lados da edificação)	13 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: razão entre a largura e a altura das aberturas para 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 (menor dimensão entre os lados da edificação)	8 m	50 m
Transmitância térmica da parede externa (U_{par})	0,1 W/(m ² .K)	5 W/(m ² .K)
Transmitância térmica da cobertura (U_{cob})	0,1 W/(m ² .K)	5 W/(m ² .K)
Transmitância térmica do vidro (U_{vid})	1 W/(m ² .K)	6 W/(m ² .K)

Fonte: INMETRO (2022)

Para obtenção dos parâmetros apresentados no Quadro 1 e Quadro 2, se faz necessário um estudo aprofundado da edificação, sendo alguns valores de mais fácil obtenção, enquanto outros demandam mais tempo.

Vale ressaltar que desde 2018 a INI-C esteve disponível para consulta, sendo pesquisas realizadas para sua validação, confirmando a confiabilidade tanto do método simplificado quanto do de simulação.

Pimentel et al (2021), aplicou o método simplificado e de simulação da INI-C em 52 cenários de modelagem, apontando que ambos apresentaram resultados compatíveis, sem diferenças significantes, variando entre 1,37% e 9,82%, sem que a variação interferisse na classificação da etiqueta, que se manteve a mesma para ambos os métodos.

2.3 Definições e Conceitos Termo Energéticos

Para se obter edifícios mais eficientes energeticamente, e consequentemente melhores etiquetas de classificação, sem que haja retrabalho, precisa-se colocar o arquiteto que projeta no centro do estudo, pois este será responsável em uma etapa inicial por tomar as decisões que impactarão de forma positiva ou negativa no desempenho do edifício e no conforto térmico do usuário.

Entre as etapas iniciais da concepção de um projeto arquitetônico, o estudo preliminar possui grande impacto no resultado de desempenho térmico e de eficiência energética da edificação, pois nessa etapa são produzidas as seguintes informações técnicas, de acordo com a ABNT NBR 16.636-2 (2017) “Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos Parte 2: Projeto arquitetônico”:

- a) sucintas e suficientes para a caracterização geral da concepção adotada, incluindo indicações das funções, dos usos, das formas, das dimensões, das localizações dos ambientes da edificação, bem como de quaisquer outras exigências prescritas ou de desempenho; b) sucintas e suficientes para a caracterização específica dos elementos construtivos e dos seus componentes principais, incluindo indicações das tecnologias recomendadas; c) relativas a soluções alternativas gerais e especiais, suas vantagens e desvantagens, de modo a facilitar a seleção subsequente. (ABNT, 2017, p.8)

Nessa etapa já é preciso pensar como a arquitetura pode contribuir para melhorar esse cenário, visto que, clima e arquitetura estão entrelaçados, impactando diretamente no uso de meios artificiais para aquecimento ou resfriamento dos ambientes, que quando acionados consumirão energia. Dessa forma, pensando na racionalização do uso, se faz

necessário buscar o controle térmico interno da edificação, entendendo o clima da região do projeto, o funcionamento de trocas de calor e a resposta térmica dos materiais de construção a estes, tirando proveito, através da arquitetura bioclimática, dos pontos positivos e amenizando os negativos de cada localidade (Rana et al, 2021).

Dentre as medidas passivas que se pode adotar para alcançar uma edificação mais eficiente, que utiliza o clima, os mecanismos de troca de calor e o comportamento térmico dos materiais a seu favor estão: o isolamento térmico dos componentes da construção, a ventilação natural, o sombreamento, o uso de cores, a arborização, a utilização de materiais de construção adequados, a orientação da edificação, entre outros, como comprovados nos trabalhos de Rana et al (2021) e Yakut e Esen (2020).

O uso das cores como medida passiva está relacionada a absorvência solar, que caracteriza quanto o acabamento da superfície será responsável por absorver o calor proveniente do sol, a utilização de cores claras, como o branco, possui baixa absorvência, ou seja, refletem muito mais do que recebem, enquanto as cores escuras, como o preto, absorvem muito mais calor do que refletem. Em regiões quentes, as cores claras são uma estratégia excelente para reduzir o calor que se propaga para dentro da edificação (BRASIL, 2023).

Já a escolha do material, implica na transmissão de calor devido suas propriedades térmicas. A resistência, transmitância e capacidade térmica são características do elemento construtivo, relacionadas ao seu material, ou do conjunto de elementos que formam uma composição, como paredes e coberturas com mais de uma camada.

A resistência térmica de elementos ou componentes é definida pelo “quociente da diferença de temperatura verificada entre as superfícies de um elemento ou componente construtivo pela densidade de fluxo de calor, em regime estacionário.” (ABNT, 2005, p.1). De forma simplificada, é a propriedade térmica que aponta quanto um elemento construtivo é capaz de resistir à passagem de calor.

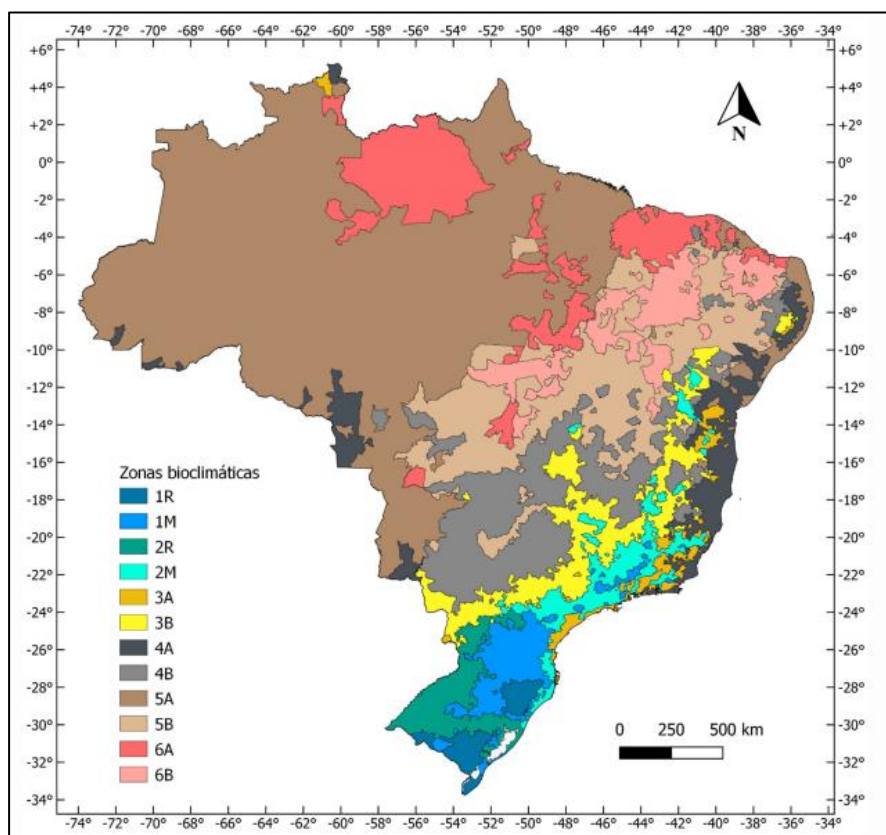
A transmitância térmica, também chamada de coeficiente global de transferência de calor, por definição é “inverso da resistência térmica total” (ABNT, 2005, p.2), ou seja, se a resistência é a propriedade que funciona como uma barreira ao calor, a transmitância representa o quanto um componente construtivo é capaz de transmitir o calor.

Além de resistir e transmitir calor, os elementos ainda possuem outras propriedades, sendo uma delas a capacidade térmica, que por sua vez representa o quanto o

componente é capaz de reter o calor, ou a “quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema (ABNT, 2005, p.2).

Todavia, para se conseguir adotar as medidas adequadas, é preciso conhecer as condições climáticas que o edifício está inserido. Uma análise climática é de suma importância, ao ponto de uma solução adotada em uma região, poder ser prejudicial a outra. No Brasil, atualmente, a NBR 15220 ABNT (2024) divide o território em doze zonas bioclimáticas a qual necessitam de diferentes estratégias bioclimáticas. O zoneamento atual é mostrado a seguir:

Figura 4 – Zoneamento bioclimático por desempenho térmico e umidade relativa



Fonte: ABNT (2024)

O Brasil é um país de grandes dimensões e de muita diversidade climática, sendo que muitas vezes dentro do mesmo estado existem cidades em zonas bioclimáticas diferentes como demonstrado na Figura 4.

Assim, antes de adotar qualquer medida no projeto de arquitetura, é necessário estudar as características climáticas das cidades, para apenas depois estabelecer qualquer estratégia bioclimática de melhoria de desempenho térmico, baseadas nas

características locais daquela região, sendo algumas: ventilação natural, inércia térmica, sombreamento, aquecimento solar passivo e definição das cores das fachadas.

Por meio do site Projeteee, do Ministério de Minas e Energia do Brasil, é possível consultar as estratégias bioclimáticas para várias cidades brasileiras. Essa iniciativa governamental representa a primeira plataforma nacional que reúne medidas passivas para tornar os edifícios mais eficientes energeticamente.

Todavia, apesar de todo conteúdo disponibilizado, na prática, os arquitetos que projetam desconhecem os parâmetros necessários e que impactam na eficiência energética do edifício. Soma-se isso a não familiaridade com as ferramentas, diretrizes e processos de análise, como apontado na revisão sistemática de Ipsen et al (2021).

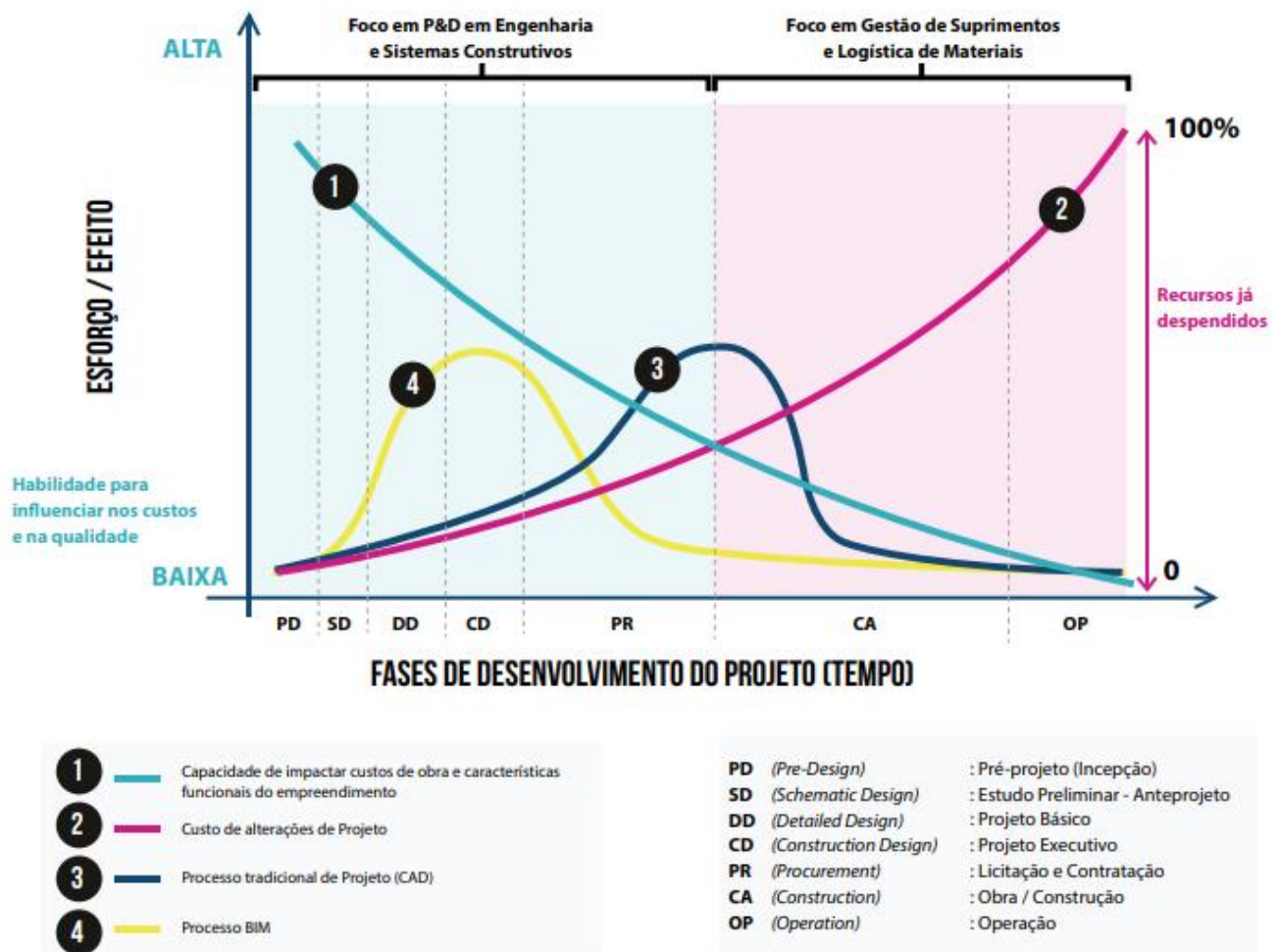
As três principais barreiras na tomada de decisão do arquiteto quanto a eficiência energética são: a falta de conhecimento dos projetistas sobre os benefícios ambientais de uma edificação mais eficiente e como aplicá-lo em um projeto, a ausência de legislações adequadas que forneçam incentivos para o foco na eficiência, e a carência de ferramentas e métodos apropriados (Ipsen et al, 2021).

Além das barreiras apontadas, quando os profissionais possuem certo conhecimento na área, ainda assim, “em vez de melhorar o desempenho do projeto de forma geral, o raciocínio dos arquitetos, cultivado pela experiência, tende a priorizar o custo em detrimento do desempenho energético.” (Ouldja, Demian e Eftekhari, 2024, p.18).

2.4 BIM e Interfaces com Sustentabilidade e Simulação Energética

Compreendendo a importância da tomada de decisão no início do desenvolvimento do projeto, a fim de causar maior impacto positivo no custo e características funcionais da edificação, Patrick MacLeamy ficou conhecido pela elaboração da Curva de MacLeamy, que apresenta o esforço e efeito do mesmo em diferentes fases do desenvolvimento do projeto, tal como, a divergência entre o processo tradicional de projeto e o processo BIM (*Building Information Modeling*) (CBIC,2016). O gráfico da curva de MacLeamy é apresentado na Figura 5:

Figura 5 – Curva de MacLeamy – Esforço X Efeito em projetos



Fonte: CBIC (2016)

Como visto na Figura 5, a Curva 1, que representa a capacidade de impactar custos de obra e características funcionais do empreendimento, começa em 100% na fase de pré-projeto e segue decaindo passando respectivamente pelas etapas de estudo preliminar, projeto básico, projeto executivo, licitação e contratação, obra e por última operação (CBIC, 2016). Em contrapartida, o custo de alteração do projeto, representado pela Curva 2, segue caminho simetricamente oposto, começando mínimo na fase de estudo preliminar e aumentando conforme o projeto se desenvolve.

Ao pensar no fluxo comum de análise de eficiência energética e etiquetagem, ele se encontrará no fim do desenvolvimento do projeto arquitetônico executivo. Em termos de custo, por ainda se tratar de uma etapa de projeto, observa-se que apesar de ser maior que nas etapas anteriores, ainda é pouco oneroso fazer mudanças nessa etapa. Todavia, quando se analisa as curvas de processo, verifica-se que haverá muito retrabalho, ainda

mais dentro de um fluxo BIM (*Building Information Modeling*), representado pela Curva 4, na Figura 5.

Por esse motivo, e pela crescente implementação do BIM (*Building Information Modeling*) no mercado da construção civil, é importante que as decisões tomadas pelos arquitetos, que impactarão no desempenho energético da edificação, ocorram o quanto antes no processo de desenvolvimento do projeto, onde, como visto, a capacidade de impactar custos e características da edificação é maior e mais econômica (CBIC, 2016). Nesse aspecto o BIM (*Building Information Modeling*) pode e deve contribuir. Essa tendência pode ser comprovada através do Decreto nº 10.306, de abril de 2020 (BRASIL, 2020), que estabelece etapas de implementação BIM (*Building Information Modeling*) nas obras e serviços de engenharia para entidades públicas federais.

Para isso, é preciso entender melhor essa metodologia e suas contribuições na área da sustentabilidade e eficiência energética.

De acordo com NIBS (2022), O BIM (*Building Information Modeling*), que em tradução seria “Modelo de Construção de Informação”, melhor seria caracterizado por *Building Information Management*, traduzido “Gerenciamento da Informação da Construção”, pois apesar do modelo ser fundamental para a metodologia, ele é apenas um dos aspectos que envolve processos, pessoas e softwares.

Assim, o BIM, compreende como o conjunto de organização, controle de processos, utilizando informações em um protótipo, modelo 3D, para compartilhar informação da edificação durante todo o seu ciclo de vida, contemplando o projeto, execução, operação e manutenção (NIBS, 2022).

Portanto, o BIM engloba a operação e manutenção da edificação, que atualmente é realizada através de meios físicos, como cadernos, agendas e papéis, ou seja, é pouco digitalizado e ainda menos vinculado com algum protótipo da construção.

Dessa forma o BIM pode auxiliar em projetos a se tornarem mais sustentáveis:

...através de simples análises dos elementos construtivos, desempenho energético, absorção da radiação solar e sustentabilidade, é possível obter projetos mais rigorosos e eficientes, ao mesmo tempo que se reduz o impacto da construção (Nunes, 2022, p. 43).

Segundo Nunes (2022), as ferramentas BIM a serem exploradas no âmbito da sustentabilidade são muitas, entre elas: definição da orientação do edifício, através do estudo de fachadas e caminhamento solar, análise de iluminação natural, análise de conforto acústico, uso racional da água, análise de sistemas de energia renovável,

simulações energéticas, estudo do ciclo de vida da edificação, redução na utilização e desperdícios de materiais e da pegada ecológica, tal como escolha por materiais recicláveis.

Dentro das contribuições do BIM para a sustentabilidade, devido ao foco da presente pesquisa, serão exploradas as possibilidades da metodologia quanto ao estudo da eficiência energética nas edificações. Assim, as principais ferramentas que contribuirão para o este estudo serão aquelas que estão envolvidas ao estudo da envoltória e escolha de equipamentos elétricos na edificação.

Dessa forma, apesar do BIM envolver pessoas e processos integrados de projeto, a utilização de softwares também é essencial para a construção do modelo virtual da edificação que conterá as informações necessárias para análises energéticas da edificação.

Entre os softwares que podem ser utilizados para modelos e concepção do projeto arquitetônico em BIM tem-se o *Autodesk Revit*, *Graphisoft Archicad*, *Vectorworks*, *Bentley*, entre outros. Já para simulação energética, tem-se softwares e plugins que em alguns casos trabalharão em conjunto com os softwares de modelagem mencionados acima, em outros utilizarão os modelos 3D realizados nos softwares BIM, porém, realizarão as simulações termoenergéticas separadamente, como o *Green Building Studio* e *Insight 360*, *Insight Carbon* ferramentas integradas ao *Revit*, o *Ecodesigner Star* integrado ao *Archicad*, existindo outros softwares específicos de simulação termoenergética (BEM- Building Energy Model), não integrados, como *Energy Plus*, *Design Builder*, entre outros. (Nunes, 2022).

2.5 Revisão Sistemática de Literatura – Estudos BIM e Eficiência Energética

Para realização da presente pesquisa foi realizada uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de levantar pesquisas que avaliem a utilização do BIM no estudo da eficiência energética através de modelos energéticos das edificações utilizando softwares de projeto.

Com o objetivo definido, foram realizados testes de *query*, termo de busca, até chegar no modelo final que atendesse e fosse mais assertivo com o estudo, não foi definido um período de anos para a pesquisa.

O primeiro *query* testado foi: AB=("thermal performance" OR "energy efficiency" OR "energy-efficient") AND AB=("BIM" OR "Building Information Modeling") AND AB=("BEM"

OR "Building Energy Modeling" OR "energy simulation"). O qual apresentou 105 resultados na plataforma Web of Science (WOS), dos quais muitos abordavam o objetivo desejado, porém, pouco focados na utilização dos softwares para simulações, dessa forma, optou-se por uma nova tentativa de *query*.

Em segunda tentativa, foi definido o *query* AB=("thermal performance" OR "energy efficiency" OR "energy-efficient") AND AB=("BIM" OR "Building Information Modeling") AND AB=("BEM" OR "Building Energy Modeling" OR "energy simulation") AND AB=("software" OR "program" OR "greenbuilding" OR "insight" OR "autodesk" OR "revit" OR "archicad"), o que trouxe resultados mais específicos , 28 no total, tornando-se o *query* final.

Tendo *query* testado e validado, foram realizadas pesquisa nas bases do Portal Periódicos CAPES: WOS (Web of Science) e Scopus. Como filtro de documentos foram selecionados artigos e revisões, nos idiomas português, inglês e espanhol. As pesquisas nas bases ocorreram no dia 28/04/2025 entre 8:00 e 12:00.

Seguindo o *query* e critérios apresentados acima, foram encontrados 42 resultados na base Scopus.

Após resultados encontrados, foram exportados os artigos no RIS para Web of Science (WOS) e Scopus. Importando os mesmos para o Mendeley, organizando no grupo "Bases", em três pastas "1 - WOS", "2 - Scopus" e "3 – Não duplicados". Ao verificar os artigos duplicados, foram encontrados 55 artigos não duplicados, separados na pasta "3 – Não duplicados".

Por fim, com artigos organizados no Mendeley foram lidos título, palavras-chave e resumo, e selecionados artigos mais relacionados ao trabalho, contabilizando **22 artigos** relacionados a presente pesquisa, sendo estes apresentados abaixo no Quadro 3:

Quadro 3 – Resultados Revisão Sistemática – Estudos BIM e Eficiência Energética

ID	TÍTULO	AUTOR	LOCAL	ANO
1	Building Information Modelling for analysis of energy eficiente industrial buildings - A case study	Gourlis, Georgios; Kovacic, Iva	Austria	2017
2	Building information modeling for energy retrofitting - A review	Luís Sanhudo, Nuno M.M.; Ramos, João Poças Martin; Ricardo M.S.F.; Almeida, Eva	Portugal	2018

		Barreira; M. Lurdes Simões; Vitor Cardoso		
3	Method of automatic choice of required detailing in BEM model	Grossman, Y E	Russia	2018
4	Integration of building energy modeling (BEM) and building information modeling (BIM): workflows and case study	Farid Mohajer, Mahsa;Aksamija, Ajla	United States	2019
5	Interoperability and data exchange within BIM platform to evaluate building energy performance and indoor comfort	Utkucu, D, Sözer, H	Turkey	2020
6	Impact of energy efficient design parameters on energy consumption in hot-humid climate zones	Yakut, M Z; Yakut, M Z	Turkey	2020
7	Energy efficiency assessment of a public building resourcing a BIM model	Rodrigues, Fernanda; Isayeva, Anastasiya; Rodrigues, Hugo; Pinto, Armando	Portugal	2020
8	BIM and BEM Methodologies Integration in Energy-Efficient Buildings Using Experimental Design	González, Jorge; Soares, Carlos; Najjar, Mohammad; Haddad, Assed	Brazil	2021
9	Building energy management using building information modeling: Evaluation of building components and construction materials	Amani, N; Reza Soroush, A A	Iran	2021
10	Evaluation of passive design strategies to achieve NZEB in the corporate facilities: the context of Bangladeshi subtropical monsoon climate	Rana, Jewel; Hasan, Rakibul; Sobuz, Habibur Rahman; Sutan, Norsuzailina Mohamed	Bangladesh	2021
11	Building Information Modeling approach to optimize energy efficiency in educational buildings	Carriço de Lima Montenegro Duarte, J.G.; Ramos Zemerio, B.; Dias Barreto de Souza, A.C.; de Lima Tostes, M.E.; Holanda Bezerra, U.	Brazil	2021
12	Evaluation of energy use intensity (EUI) and energy cost of commercial building in India using BIM technology	Mahiwal, S G; Bhoi, M K; Bhatt, N	India	2021
13	Energy Conservation Measures and Value Engineering for Small Microgrid: New Hospital as a Case Study	Almarzooq, S A; Al-Shaalan, A M; Farh, H M H; Kandil, T	Switzerland	2022
14	BIM-based architectural analysis and optimization for construction 4.0 concept (a comparison)	Zhang, Jie; Zhu, Xuping; Khan, Abdul Mateen; Houda, Moustafa; Kashif Ur Rehman, Sardar; Jameel, Mohammed; Javed, Muhammad Faisal; Alrowais, Raid	China	2022

15	Effects of latitude and building orientation in indoor-illuminance levels towards energy efficiency	Gonzalez, Jorge; Da Costa, Bruno Barzellay Ferreira; Tam, VivianW. Y; Haddad, Assed	Brazil	2024
16	Enhancing Building Energy Efficiency through Building Information Modeling (BIM) and Building Energy Modeling (BEM) Integration: A Systematic Review	Alhammad, Mohammed; Eames, Matt; Vinai, Raffaele	United Kingdom	2024
17	Optimizing energy efficiency through building orientation and building information modelling (BIM) in diverse terrains: A case study in Pakistan	Khan, Abdul Mateen; Tariq, Muhammad Abubakar; Alam, Zeshan; Alaloul, Wesam Salah; Waqar, Ahsan	Pakistan	2024
18	Building Information Modeling and AI Algorithms for Optimizing Energy Performance in Hot Climates: A Comparative Study of Riyadh and Dubai	Mehraban, M H; Alnaser, A A; Sepasgozar, S M E	United Kingdom	2024
19	Toward a Greener Building Envelope: Analyzing Sustainable Cladding Materials through BIM for Energy Efficiency	Balo, F; Sagbansua, L; Boydak, H	Turkey	2024
20	Sustainable Retrofitting Strategies For Culturally Significant Brutalist Buildings: Energy-Efficient Strategies For A High-Rise Residential Complex In Sarajevo, Bosnia And Herzegovina	Milosevic, S; Aksamija, A	United States	2024
21	Enhancing Energy Performance Assessment and Labeling in Buildings: A Review of BIM-Based Approaches	Muta, Luís Filipe; Melo, Ana Paula; Lamberts, Roberto	Brazil	2025
22	Proposal for Promoting Sustainable Architecture through Energy Efficiency Education in the UAE	Abdelrahim, Marwa; Salameh, Muna M; Abdilmouti, Hassan; Mushtaha, Emad	United Arab Emirates	2025

Fonte: autor (2025)

Ao realizar a revisão sistemática verificou-se que mesmo não havendo limitação de ano, os artigos encontrados são recentes, a maioria posterior ao ano de 2020, confirmando que o tema pesquisado é um tema atual.

Outro aspecto observado, foi a pluralidade de países realizando pesquisas correlacionadas ao BIM e eficiência energética das edificações, tal como uma representatividade significativa de artigos brasileiros, evidenciando que é um tema de importância mundial, mas também nacional.

Dentre as metodologias utilizadas nas pesquisas, o estudo de caso se destaca, estando presente em mais das metades das pesquisas. Dessa forma, por ser uma

metodologia usual para esse tipo de pesquisa, neste estudo também será realizado o estudo de caso de uma edificação comercial.

Verificou-se também que as pesquisas são em sua maioria voltadas para a utilização das ferramentas BIM, como utilizá-las e quais resultados propiciam para engenharia e arquitetura. Contudo, a capacitação dos profissionais para utilização das ferramentas é pouco explorada.

Por fim, é de suma importância entender as ferramentas BIM em função da sustentabilidade e eficiência energética da edificação, como a maioria das pesquisas se propuseram e realizaram, tal como, compreender o cenário atual do mercado e profissionais, as formas que estão acostumados a trabalhar e como introduzir uma nova metodologia que melhore os resultados em suas rotinas. Nos itens a seguir a revisão sistemática será aprofundada.

2.6 Interoperabilidade e Dilemas BIM X BEM;

O Building Information Modeling (BIM) e o Building Energy Model (BEM) de acordo com Mohajer e Aksamija (2019) são conceitos novos que ainda precisam ser amplamente estudados e desenvolvidos, no entanto o BEM surgiu bem antes do BIM, e em alguns países ocidentais começou a ser desenvolvido a mais de meio século (Grossman, 2018).

O processo da metodologia BIM cria um protótipo virtual 3D da construção, integrando informações como materiais, especificações e métodos construtivos ao modelo, que o acompanham ao longo de todo o seu ciclo de vida. Já o BEM é um processo de criação de modelos energéticos da construção com a função de identificar e avaliar o impacto das decisões arquitetônicas no consumo de energia da edificação. (Mohajer; Aksamija, 2019)

Além de terem surgido em momentos diferentes, como já mencionado, o BIM e o BEM continuam a ser desenvolvidos de forma independente, o que gera dilemas que exigem novas soluções. Um exemplo é a inviabilidade de usar um modelo geométrico BIM diretamente em um software BEM, pois o modelo BIM contém muito mais dados e informações do que o necessário para o BEM. Dessa forma, é mais prático criar uma modelagem nova em um software BEM do que adaptar ou simplificar o modelo BIM para simulação energética (Grossman, 2018).

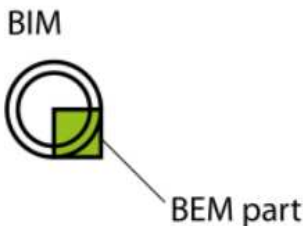
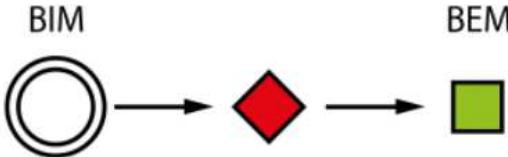
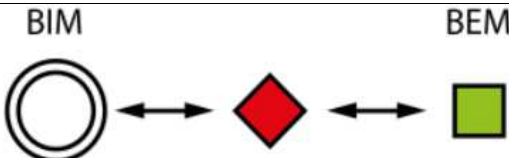
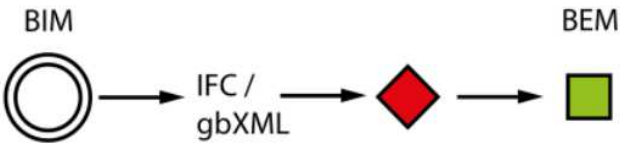
Essa interoperabilidade entre BIM e BEM já está sendo estudada há algum tempo. Várias pesquisas utilizam-se de ferramentas BIM e de simulação para alcançar a

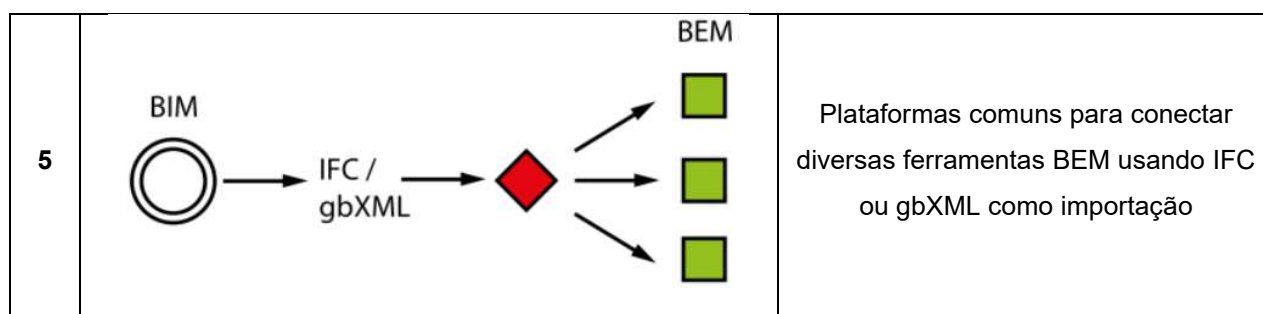
integração entre metodologias, como apresentado na revisão sistemática de Alhammad et al (2024) e Muta et al (2025). Em alguns casos, utiliza-se um software para modelagem, e uma segunda ferramenta para análise (Shadrina, 2015).

Conforme revisão sistemática sobre o tema de Alhammad et al (2024) e Muta et al (2025) os softwares BIM mais utilizados na modelagem são: Revit, Archicad, DesignBuilder, SimModel e outros, sendo o Revit o software majoritariamente utilizado nas pesquisas que utilizaram ferramentas BIM e ferramentas de simulação termoenergéticas. As ferramentas de simulação identificadas foram: DOE-2, Ecotect, Design Performance Viewe (DPV), IES-VE, DesignBuilder, Energy Plus, Green Building Studio (GBS), Sefaira, Insight e outros, sendo o Green Building Studio, Insight e o Energy Plus os mais utilizados.

De acordo com (Shadrina, 2015), essa interação entre BIM e BEM, pode ocorrer de quatro formas distintas, conforme Quadro 4:

Quadro 4 – Tipos existentes de conexão BIM x BEM

Nº	Imagem Simbólica	Descrição
1		Aplicação da simulação energética interna ao software BIM
2		Plugins específicos para conectar um software BIM a uma ferramenta BEM
3		Plugins para integração das ferramentas de design e as ferramentas de simulação
4		Softwares para processamento posteriores de informações do BIM para o BEM



Fonte: Shadrina (adaptado) (2015)

Como visto no Quadro 4, apenas uma das formas de interoperabilidade BIM x BEM ocorre dentro do mesmo software (3), as demais formas, exportam um arquivo inicial de um software BIM para posterior importação em um software BEM, seja através de plugins ou outros softwares que irão realizar essa ponte entre modelos.

Pesquisas já realizadas da integração externa ao software BIM apontam falhas e a não confiabilidade nos resultados (Mohajer e Aksamija, 2019; Queiroz, 2016; Grossman, 2018)

Mohajer e Aksamija (2019), realizaram um estudo de caso utilizando os softwares Green Building Studio (GBS) e Sefaira para simulação energética, que podem ser utilizados como plugins no Revit, os resultados obtidos variaram entre 26% e 104% da simulação de referência, não tornando os resultados confiáveis. As principais dificuldades encontradas foram a necessidade de manipulação manual dos modelos energéticos criados a partir do BIM, a atribuição e substituição de dados de entrada no modelo, como a definição correta dos parâmetros no modelo de origem.

Queiroz (2016) testou em sua pesquisa um novo formato de interoperabilidade, utilizou-se do software Revit para concepção do modelo BIM, e exportou em diferentes formatos o arquivo para posterior análise em um software BEM, o Energy Plus, os formatos utilizados para exportação foram gbXML, IFC e IDF, sendo realizado dois estudos de caso.

Como resultado, verificou-se que esse modelo de conexão entre BIM x BEM não era confiável, nem recomendado, havendo diferenças de resultados entre os diferentes formatos de arquivo exportado do mesmo modelo. No estudo constatou-se erros e distorções na geometria importada, além de divergências nas configurações e resultados das simulações. (Queiroz, 2016)

Em sua revisão sistemática, Muta et al (2025), resume e apresenta as limitações encontradas relacionadas a interoperação direta BIM-BEM, sendo estas: limitações dos

softwares quanto a variáveis de entrada, dificuldade da interpretação dos resultados devido a visualização em navegadores, adoção de perfis de operação padrão da edificação, necessidade de criação detalhada e demorada do modelo BIM, dependência direta da qualidade do modelo, e necessidade ajustes para simulações precisas.

No entanto, a cada ano as ferramentas são aprimoradas pelas empresas de software, sendo necessário sempre uma atualização das pesquisas para acompanhar o mercado, como também validar e verificar a confiabilidade dos programas desenvolvidos (Carmo, 2022).

Carmo (2022), constrói uma linha do tempo, que apresenta os passos dados pela empresa Autodesk quanto a simulação energética e interoperabilidade BIM x BEM, começando esse processo no lançamento do software BIM Revit em 2002, posteriormente, em 2010, o lançamento da sua primeira ferramenta de análise energética, ainda externa ao programa, o Vasari, produto já descontinuado, depois disso surgem em 2015 o Insight e o Green Building Studio, que foram atualizados em 2020.

Estas ferramentas foram testadas por Carmo (2022), o qual verificou que o Green Building possuía uma plataforma mais complexa e com dados mais técnicos, específicos para profissionais atuantes na área de simulação energética, com maiores informações das estações meteorológicas, organização dos dados numericamente em tabelas, listados por variáveis e seus impactos no projeto, sem gráficos e ilustrações, enquanto o Insight apresentava uma interface mais amigável, sendo mais fácil um amplo uso pelos profissionais, por gerar “comparações básicas em tempo real e não exige muitas configurações no modelo do Revit”. (Carmo, 2022, p. 64)

Importante reforçar que no ano de 2025, a Autodesk passou por mais uma atualização em suas ferramentas de análise energética, impactando tanto *Green Building Studio* quanto o *Insight*, que foram substituídos desde 02 de Abril de 2025 pela nova ferramenta de eficiência energética *Autodesk Insight Carbon*. Desta forma, não há mais diferenças entre em *Green Building Studio* e *Insight*, pois ambos foram substituídos pela mesma nova ferramenta.

2.7 Autodesk Insight Carbon como Alternativa.

Dada a complexidade e as inconsistências observadas em trabalhos anteriores sobre a exportação de modelos BIM e sua importação para softwares BEM, conforme apontado por Grossman (2018), Mohajer e Aksamija (2019) e Queiroz (2016), e

considerando a interface amigável, responsiva e de fácil interpretação do Autodesk Insight, como demonstrado por Carmo (2022), conclui-se que o Autodesk Insight se apresenta como uma boa alternativa para auxiliar os arquitetos na tomada de decisões ainda na fase de estudo preliminar, com foco na eficiência energética.

Assim, quando as metodologias BIM e BEM são incorporadas no mesmo software, a necessidade de ajustes manuais provenientes da mudança de softwares se torna nula. Logo, a utilização do Insight em conjunto ao Revit se converte em uma fácil e vantajosa opção para estimar o consumo energético e a performance de um edifício. (Gonzalez et al, 2021)

De acordo com a revisão sistemática de Muta et al (2025) foram levantados 18 pesquisas voltadas a correlação BIM-BEM e sua integração. Desses 18 trabalhos, 17 utilizaram do software de modelagem BIM Revit e apenas um do software ArchiCAD. Já para integração BEM, o Insight e Green Building foram utilizados em 5 pesquisa cada, totalizando 10, enquanto outras ferramentas como Design Builder, Sefaira e IESVE em proporções bem menores.

Como anteriormente mencionado, Autodesk Insight Carbon substituiu as ferramentas Green Building Studio e Insight, tornando-o ainda mais relevante considerando que 55,55% das pesquisas no campo de interoperabilidade BIM-BEM utilizaram-se de uma dessas ferramentas em conjunto ao Revit para análise energética (Muta et al, 2025).

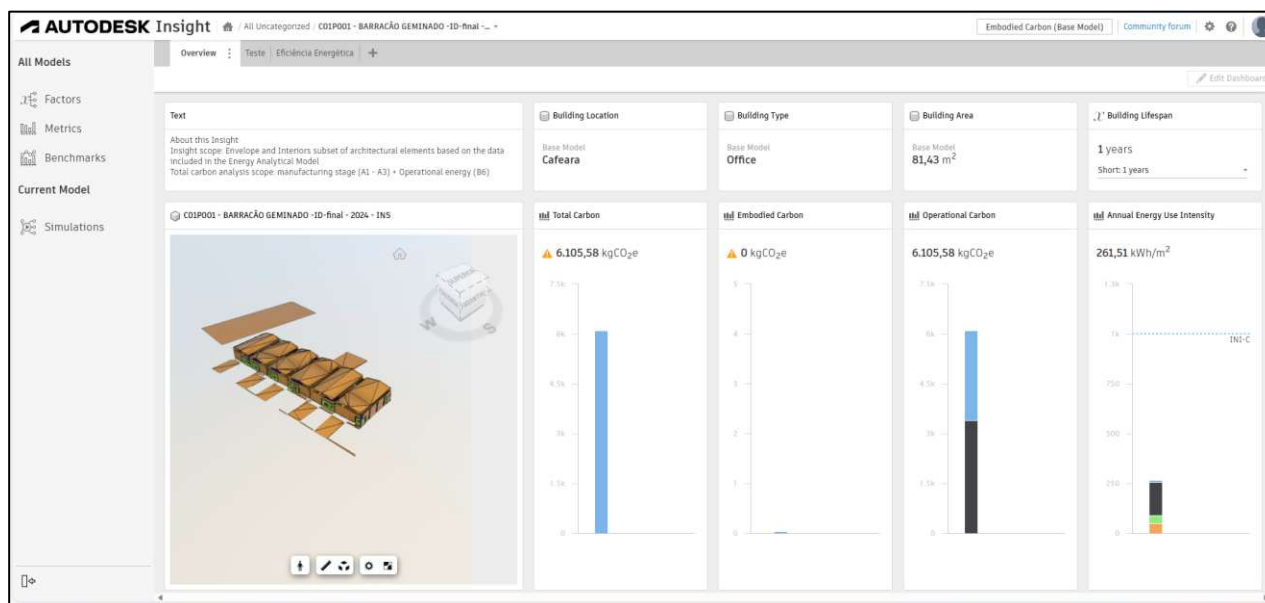
O Autodesk Insight Carbon é um plug-in adicionado à barra de tarefas do Revit responsável por acrescentar comando de criação de vistas coloridas e gráficos explicativos para simulação e otimização energética em tempo real do edifício. O profissional altera uma característica do modelo e recebe, após nova simulação, uma resposta de melhora ou piora da eficiência do seu prédio. Sendo a principal variável fornecida para análise, o consumo anual de energia em kWh/m² da edificação (Autodesk, 2025).

A nova versão do aplicativo utiliza como motor de cálculo o software EnergyPlus, um software de simulação energética e térmica de edificações desenvolvido pelo Department of Energy (DOE) dos Estados Unidos, lançado em 2001. É amplamente reconhecido como um dos modelos mais confiáveis do mundo, por utilizar formulações físicas rigorosas, passar pela validação internacional ASHRAE 140 (BESTEST), e ser adotado em pesquisas científicas, normas internacionais e softwares comerciais. Por ser open-source

e mantido por laboratórios nacionais americanos (NREL, LBNL), sua confiabilidade é continuamente verificada e aprimorada pela comunidade científica (EnergyPlus, 2025).

Na Figura 6, é possível visualizar a interface da ferramenta Autodesk Insight Carbon e as algumas representações de resultados entregues pelo plug-in:

Figura 6 – Interface Autodesk Insight Carbon - Resultados



Fonte: autor (2025)

Para obtenção dos resultados, se faz necessário criar um modelo 3D BIM no Revit contendo as propriedades térmicas dos materiais e componentes construtivos, ou configurando-os de forma conceitual, definir configurações energéticas do edifício, especificar uma localização, e posteriormente criar o modelo de estimativa de energia do edifício (Autodesk, 2025).

Assim, o arquiteto ou engenheiro ainda no estudo preliminar arquitetônico é capaz de analisar visualmente o aumento ou redução do consumo de energia ao alterar diferentes características em seus projetos.

Resultados para análise de carbono também são apresentados na versão do Autodesk Insight Carbon, dados anteriormente não obtidos na simulação do Green Building Studio ou Insight 360. Para este trabalho, essas variáveis não serão estudadas.

2.8 Síntese da Fundamentação e Direccionamentos para a Pesquisa

Assim, acompanhando o crescimento da preocupação com a sustentabilidade, e o impactos que o consumo das edificações causam na matriz energética, tecnologias como

o BIM se desdobram para oferecer possibilidades de otimização, e ganhos de eficiência identificados ainda na etapa de projetos.

A presente pesquisa parte da utilização de uma ferramenta BIM-BEM para análise da eficiência energética de prédios públicos, acompanhada de uma revisão sistemática da literatura utilizada para identificar metodologias e estudos já realizados na área, capazes de indicar as lacunas de interoperabilidade BIM-BEM, e dificuldades encontradas nos processos.

Como identificado, essa interoperabilidade ainda possui limitações como: falha na exportação e importação de geometrias, resultados inconsistentes, dependência plena da qualidade do modelo produzido pelo profissional.

Na busca de soluções para estes desafios, empresas como a Autodesk, desenvolveram softwares, plugins ou ferramentas para facilitar o uso e obtenção de respostas. A evolução dessas ferramentas, por parte da Autodesk culminou no Autodesk Insight Carbon, que unifica o Green Building Studio e Insight 360, software e plugin anteriores da Autodesk, utilizados na simulação termoenergética.

Com uma plataforma amigável e respostas instantâneas o Autodesk Insight Carbon propõe uma simulação integrada BIM-BEM do consumo energético da edificação, a qual será analisada a aplicabilidade nas fases iniciais do projeto arquitetônico nesta pesquisa.

3 MÉTODO

Esta pesquisa utiliza o método quantitativo para entender o problema de pesquisa e utiliza o estudo de caso como meio para chegar às conclusões da pesquisa.

A pesquisa quantitativa utiliza-se de dados objetivos e da análise deles para que os resultados possam ser verificados e mensurados de forma numérica. (Oliveira, 2011).

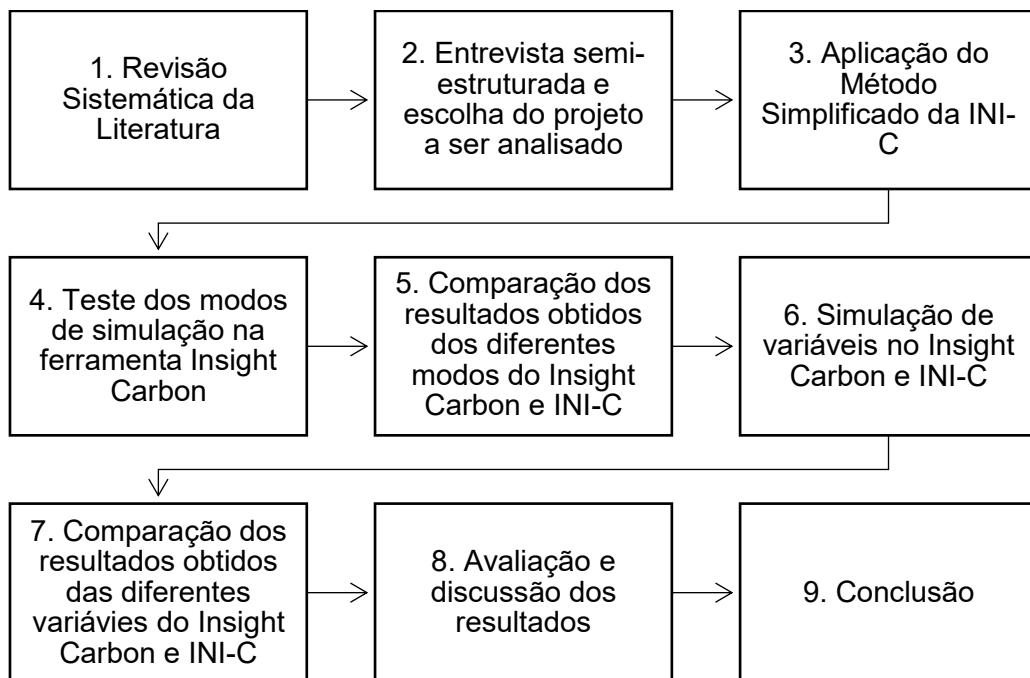
Esta pesquisa busca verificar as possibilidades de aproximar a necessidade de avaliação energética de edifícios e a agilidade que a metodologia BIM nas etapas iniciais do projeto na realidade brasileira.

O estudo de caso foi o suporte para essa verificação e forneceu a base para o processo de pesquisa. Ele se deu em um escritório de projetos que utiliza a metodologia BIM desde o início de seus estudos até a fase de projeto executivo. Apesar do seu domínio em Bim, este escritório não realiza avaliações de eficiência energética nos projetos realizados. Neste contexto, o estudo de caso envolveu duas frentes: (i) a realização de uma entrevista exploratória com foco em três aspectos principais — identificação da equipe, caracterização do escritório e de seus processos internos, e avaliação do conhecimento prévio dos participantes sobre desempenho térmico e eficiência energética e (ii) simulação termoenergética de um dos projetos do escritório através de dois métodos - um método brasileiro de classificação de eficiência energética (INI-C) e uma ferramenta incorporada ao software BIM (Insight Carbon/Revit).

Assim a pesquisa realizou simulações comparativas entre dois métodos para verificar o quão próximos podem ser os resultados e suas potencialidades de aplicação.

Para tanto o método da pesquisa é caracterizado pelas seguintes fases, conforme Figura 7:

Figura 7 – Fluxograma Método



Fonte: autor (2025)

3.1 Estudo de caso: escritório de projetos PROJETEK

A pesquisa foi realizada na Universidade Estadual de Londrina (UEL), no Centro de Tecnologia e Urbanismo (CTU).

O estudo de caso foi realizado no escritório de projetos executivos de Engenharia e Arquitetura, PROJETEK, estruturado pelo Governo do Estado para atender prefeituras municipais do norte do Paraná. O escritório atende demandas de empreendimentos públicos de cidades com menos de 30 mil habitantes e que não dispõem de setores de projetos.

A iniciativa é resultado de uma parceria entre a UEL, a Superintendência Geral de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (SETI), o Paranacidade – serviço social autônomo vinculado à Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Obras Públicas (Sedu) – e a Associação de Municípios do Médio Paranapanema (Amepar) (O PEROBAL, 2021).

O portfólio de serviços do escritório contempla projetos arquitetônicos, estruturais, elétricos, hidrossanitários e de prevenção contra incêndio e pânico para os mais diversos tipos de empreendimentos públicos, tais como: creches, escolas, postos de saúde, entre outras edificações.

Ao todo, podem ser beneficiados 17 municípios da jurisdição da Amepar: Alvorada do Sul, Bela Vista do Paraíso, Cafeara, Centenário do Sul, Florestópolis, Guaraci, Jaguapitã, Jataizinho, Lupionópolis, Miraselva, Pitangueiras, Porecatu, Prado Ferreira, Primeiro de Maio, Sabáudia, Sertanópolis e Tamarana (O PEROBAL, 2021).

O escritório faz uso exclusivamente da metodologia BIM, buscando estar em conformidade com a legislação vigente para obras e serviços de Engenharia na Administração Pública.

Do ponto de vista acadêmico, o objetivo do escritório é propiciar o desenvolvimento de competências e habilidades, contribuindo para a formação técnica dos futuros profissionais. Considerando as atividades transversais que permeiam o setor público, um escritório de projetos executivos pressupõe vários conhecimentos multidisciplinares, inclusive de gestão, finanças e jurídicos (O PEROBAL, 2021).

Segundo a coordenadora prof. Teba Silva Yllana, a UEL e o PROJETEK reforçam o compromisso com a construção de um futuro mais sustentável e resiliente, integrando os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, impactando positivamente os ODS 9, 11, 13, 16 e 17, inovando na prestação de serviços, contribuindo para comunidades sustentáveis, promovendo gestão eficaz e transparente, e representando uma colaboração funcional entre academia e prefeituras (UEL, 2024). Neste sentido o objetivo desta pesquisa vem ao encontro dos ODS 13 e 11, quando se aproxima de cidades mais sustentáveis e de ações contra as mudanças globais do clima, buscando auxiliar no desenvolvimento de projetos que consumam menos energia.

3.2 Entrevista semi-estruturada

A entrevista teve como objetivo fazer um diagnóstico do escritório quanto ao entendimento das grandezas que envolvem o desempenho térmico e consumo energético dos edifícios, como é realizada a avaliação da eficiência energética das edificações projetadas, na etapa de concepção arquitetônica, e os procedimentos realizados no intuito da obtenção de um projeto de melhor desempenho termo-energético.

O tamanho da amostra é exclusivamente dos profissionais e estudantes envolvidos nas atividades de arquitetura do Escritório e Projetos Executivos de Engenharia e Arquitetura da UEL (Projetek). Estima-se um total de 15 participantes no Projektek, sendo apenas 6 envolvidos nos processos de projetos arquitetônicos, arquitetos ou estudantes de arquitetura. Como o trabalho objetiva o projeto arquitetônico nas fases iniciais e a simulação energética, apenas uma parcela da metodologia BIM, não englobando outras facetas, como processos e compatibilização, as demais áreas do escritório não foram envolvidas na pesquisa.

Como critérios de inclusão tem-se a necessidade do indivíduo, maior de 18 anos, ser engenheiro, arquiteto ou estudante destas áreas que atuem de forma direta na concepção de projetos arquitetônicos comerciais, industriais ou públicos, mas especificadamente atuantes no Projektek. Exclui-se o público em geral, sem formação ou estudo em andamento das áreas da engenharia e arquitetura.

Por envolver pessoas, a pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisas Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, sendo aprovada conforme Parecer Nº: 6.825.947 – CAAE 79113324.5.0000.5231.

Nesta etapa de aprovação, foram desenvolvidos Termos de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE) e roteiro de entrevista, apresentados respectivamente no Apêndice A e Apêndice B. Através do projeto de pesquisa submetido na Plataforma Brasil foram apresentados os procedimentos de coleta de dados para pesquisa.

Após aprovação do Comitê de Ética foi aplicada entrevista semi-estruturada em quatro dos seis profissionais e estudantes que trabalham diretamente no processo de produção projeto arquitetônico dentro do escritório, que se voluntariaram para participar da pesquisa.

As atividades foram realizadas de forma individual, através da plataforma Google Meet, por preferência e agenda dos entrevistados, podendo o participante desistir a qualquer momento de participar do estudo. Segue Quadro 05 de quando e onde ocorreram as entrevistas:

Quadro 5 – Relação de entrevistas

ETAPA 1 – ANÁLISE – ENTREVISTAS		
PARTICIPANTE	DATA E HORA	LOCAL
P1	26/08/2024 – 17:30	Google Meet

P2	26/08/2024 – 18:20	Google Meet
P3	27/08/2024 – 17:30	Google Meet
P4	29/08/2024 – 18:00	Google Meet

Fonte: autor (2024)

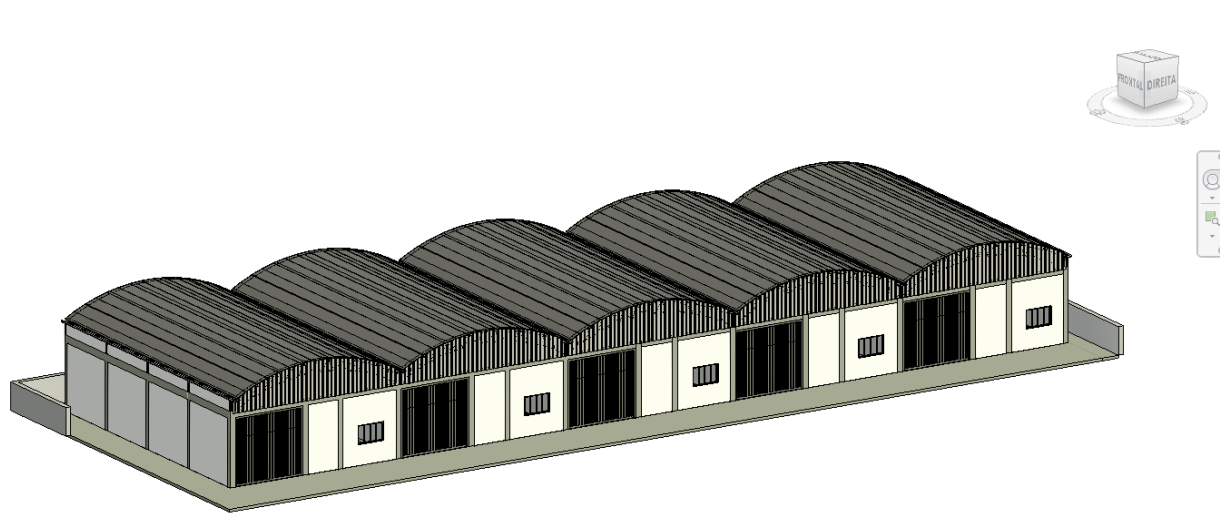
As respostas obtidas em entrevistas realizadas no mês de agosto de 2024, conforme Quadro 5, são os primeiros resultados do estudo de caso, que serão apresentadas em tópicos futuros. As respostas foram transcritas em textos conforme entrevistado respondia e organizadas posteriormente através de síntese e agrupamentos de informações a fim de descrever o participante, seu processo de trabalho e conhecimentos sobre desempenho térmico e eficiência energética das edificações.

3.3 Projeto estudo de caso

Ao final da entrevista escolheu-se o edifício a ser utilizado nesta dissertação como modelo do estudo termoenergético. Optou-se por utilizar um projeto do próprio escritório. A escolha baseou-se na disponibilidade de dados e nas possibilidades de análise. Os membros do escritório auxiliaram na escolha.

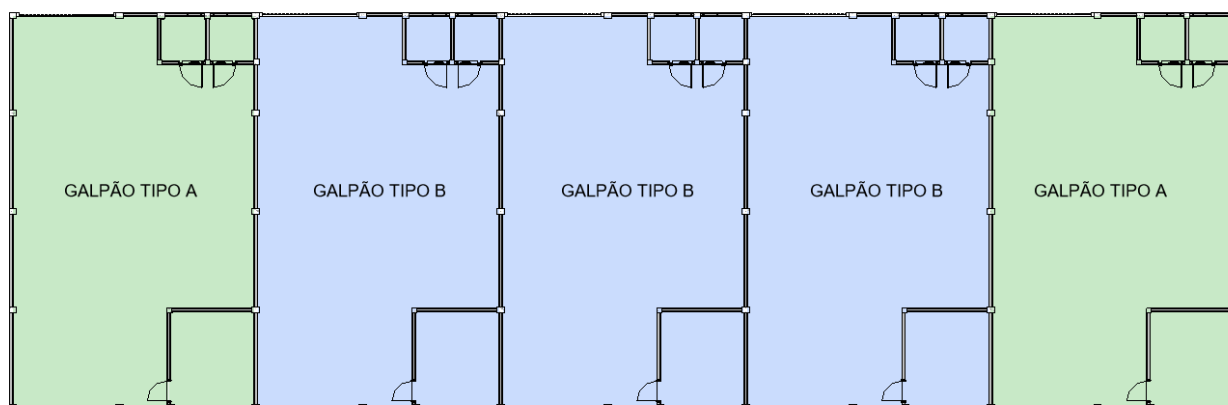
O projeto base é um conjunto de cinco edificações geminadas, com finalidade comercial. A edificação totaliza 790,40m², em um terreno de 5.887,31m², localizado na cidade de Cafeara/PR. A estrutura do galpão é em concreto pré-moldado e fechamento em alvenaria. Seguem Figura 8 e Figura 9 representando uma vista 3D, e esquema de divisão do empreendimento:

Figura 8 – Vista 3D - Galpões Geminados – Cafeara/PR



Fonte: Projetek (2024)

Figura 9 – Divisão Interna - Galpões Geminados – Cafeara/PR

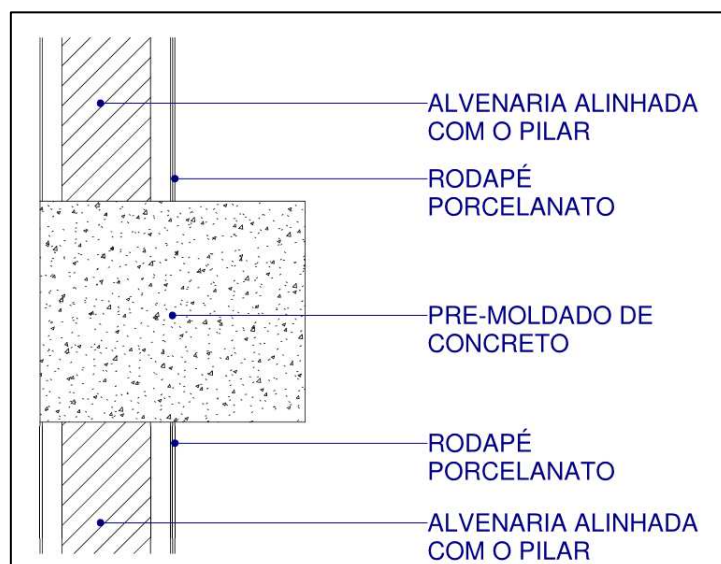


Fonte: Projetek (2024)

3.3.1 Composição da envoltória

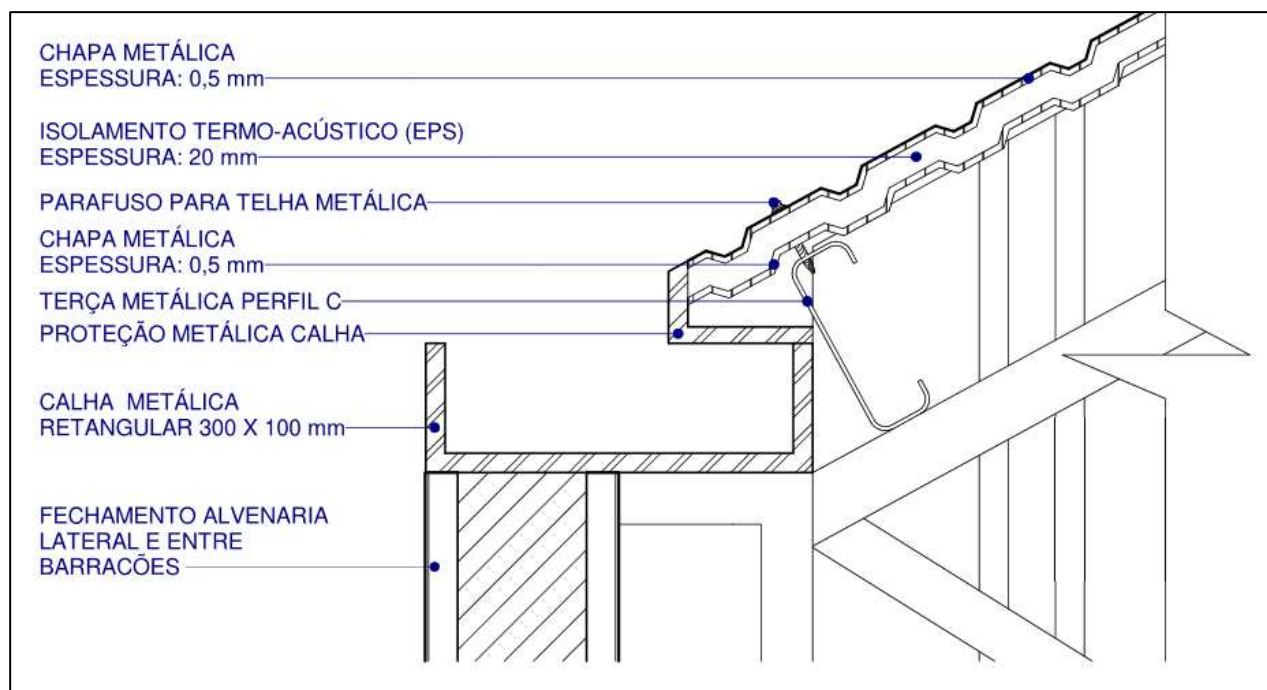
A envoltória do barracão é formada por uma estrutura em concreto pré-moldado, a vedação é composta por alvenaria de blocos cerâmicos 8 furos (9x9x19cm) rebocados e a cobertura é composta por telhas sanduíche com EPS, sem a presença de laje ou forro. A estrutura do telhado é metálica e as esquadrias em alumínio com vidro comum. conforme detalhamento nas Figura 10 e Figura 11:

Figura 10 - Detalhamento estrutura e vedação



Fonte: Projetek (2023)

Figura 11 - Detalhamento cobertura



Fonte: Projetek (2023)

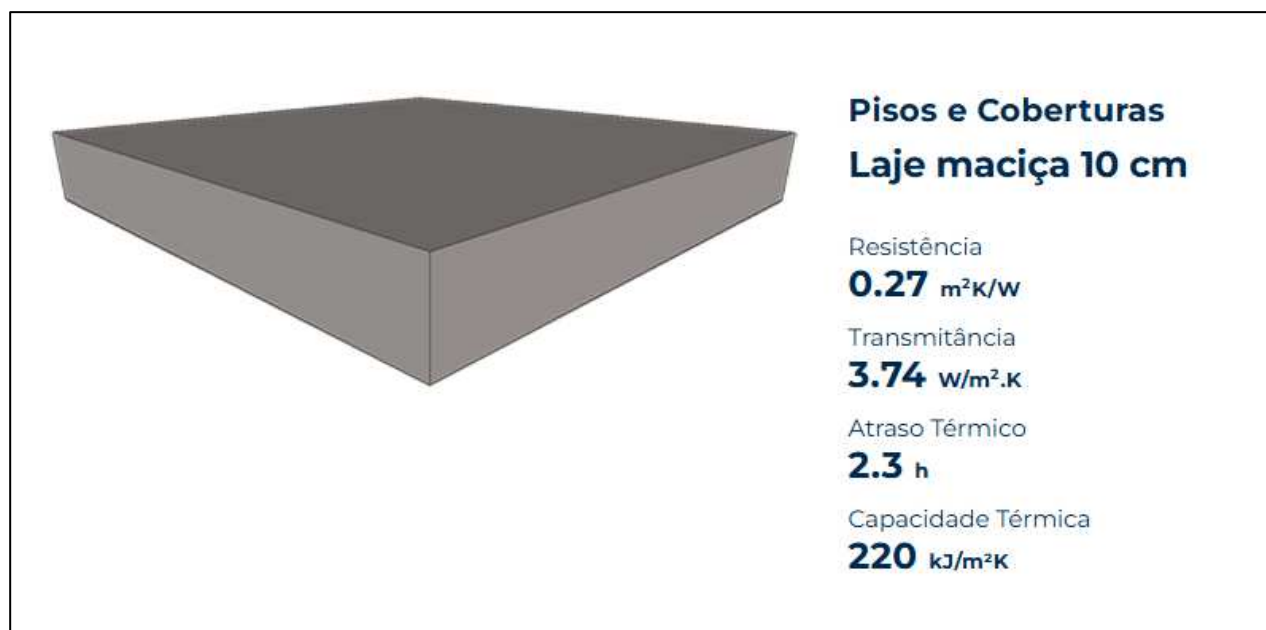
Após análise da envoltória da edificação e especificações dos elementos construtivos, obteve-se as propriedades térmicas dos componentes apresentadas a seguir na Figura 12, 13 e 14:

Figura 12 – Composição e propriedades térmicas paredes



Fonte: Projeteer (2024)

Figura 13 – Composição e propriedades térmicas piso



Fonte: Projeteeee (2024)

Figura 14 –Propriedades térmicas vidro



Fonte: Projeteeee (2024)

Para telhas sanduíches metálicas com núcleo em EPS (20mm), obteve-se Resistência Térmica Total 0,74 m².K/W, Transmitância Térmica 1,35 W/m².K e Capacidade Térmica 6,4 kJ/m².K (Isorecort, 2025).

A cor especificada para as paredes externa do galpão é a amarelo girafa da Suvinil, como apresentado na Figura 15:

Figura 15 – Cor amarelo girafa



Fonte: Suvinil (2024)

De acordo com Dornelles (2008), para cor amarela a absorptância para radiação solar (ondas curtas) é de 0,293. Já as telhas utilizadas possuem superfície externa em aço galvanizado e absorptância de 0,25 quando novas e brilhantes (ABNT, 2005).

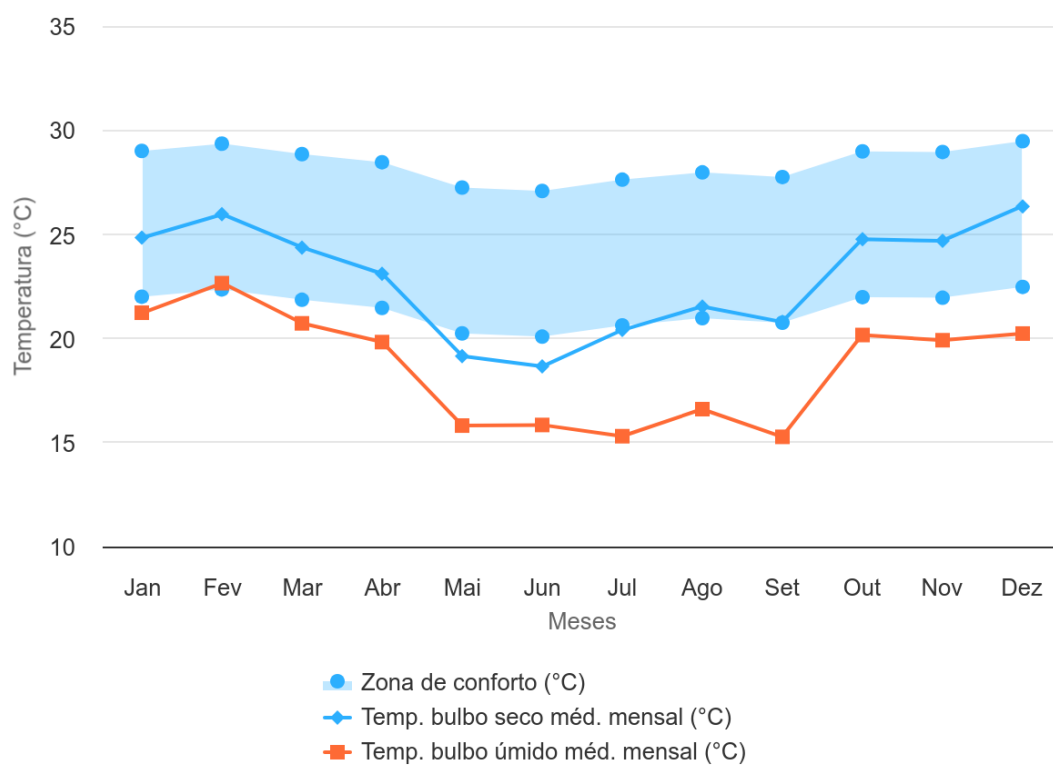
Conhecendo a composição da envoltória, as dimensões e propriedades térmicas desses materiais, é possível desenvolver as simulações computacionais e aplicação do método simplificado da INI-C para análise de eficiência energética.

Para que os resultados pudessem ser comparados o edifício foi considerado totalmente climatizado. As variáveis de ventilação natural dos dois métodos são muito distintas o que poderia acarretar em inconsistências nos resultados.

3.3.2 Clima da cidade de Cafeara-PR

Para caracterizar o clima da cidade de Cafeara utilizou-se os dados da cidade de Paranapoema, por ser a cidade mais próxima com dados disponíveis, e pertencentes da mesma zona bioclimática 03. Segundo a classificação de Koppen a cidade apresenta um clima classificado com Cfa - Clima subtropical, com verão quente. As temperaturas são superiores a 22°C no verão e com mais de 30 mm de chuva no mês mais seco (EMBRAPA, 2025). Para complementar estes dados obteve-se as médias do clima através do site Projeteer (2024), conforme Figuras 16, 17, 18 e 19:

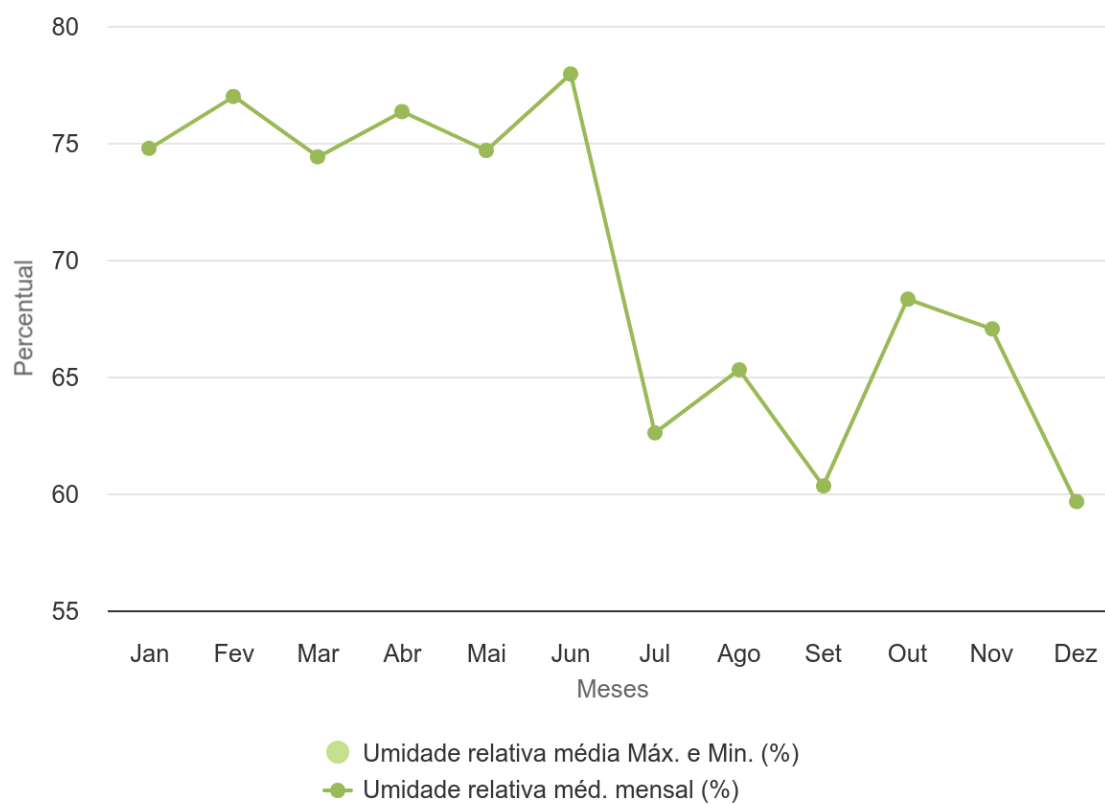
Figura 16 – Temperatura Anual - Paranapoema



Highcharts.com

Fonte: Projeteee (2024)

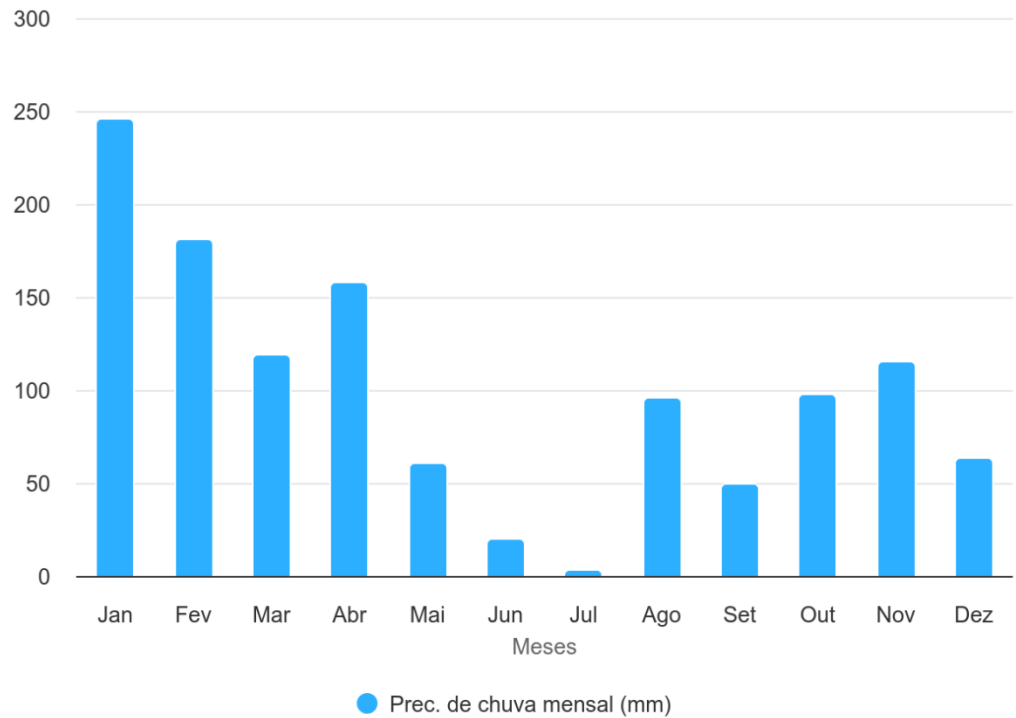
Figura 17 – Umidade Anual - Paranapoema



Highcharts.com

Fonte: Projeteeee (2024)

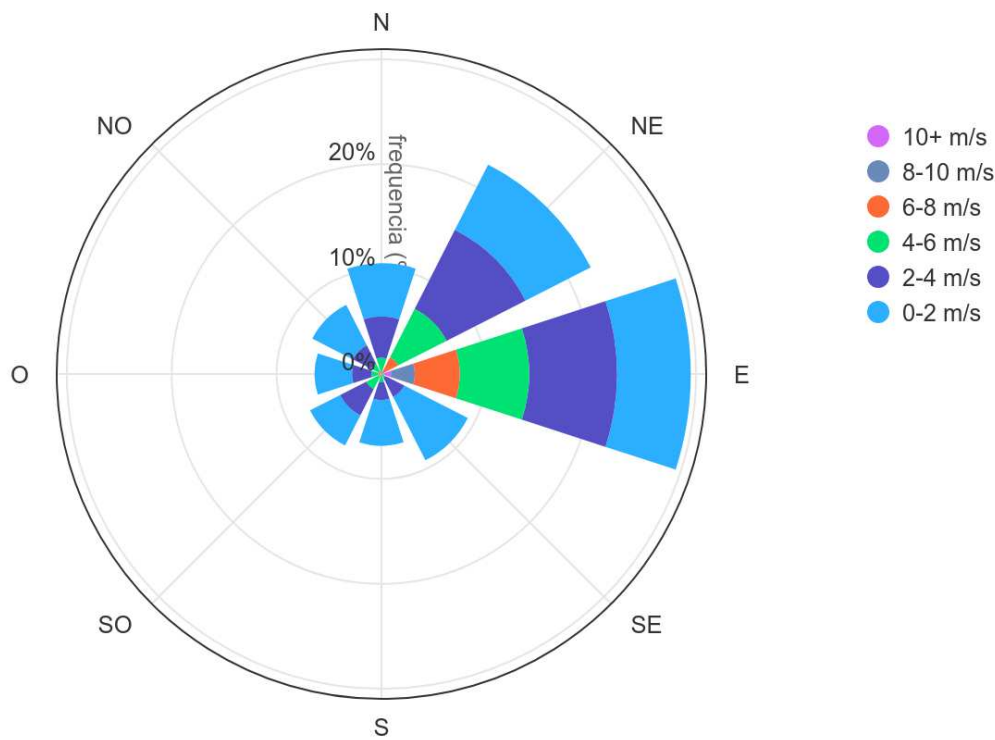
Figura 18 – Pluviosidade Anual - Paranapoema



Highcharts.com

Fonte: Projeteeee (2024)

Figura 19 – Rosa dos Ventos - Paranapoema



Highcharts.com

Fonte: Projeteeee (2024)

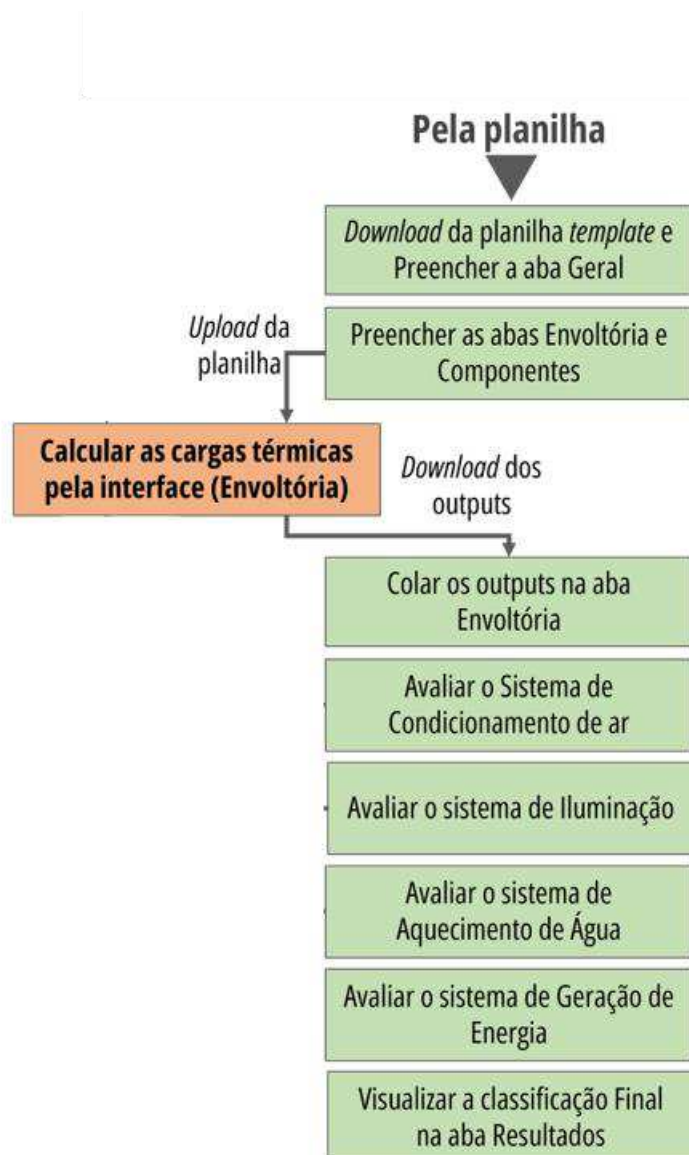
3.4 Avaliação termoenergética Modelo Simplificado INI-C

Como apresentado, o método simplificado utiliza-se de comparação do consumo de energia primária do metamodelo com uma edificação de referência, sendo a mesma do modelo, mas com classificação energética D. Através dessa metodologia estruturada pelo INMETRO (2022) e bastante estudada na literatura no país recentemente (Pozzobon e Barreto, 2025 ; Pimentel et al, 2021; Souza et al, 2025 ; Santo e Souza, 2025) e, realizou-se a classificação do projeto de estudo conforme a INI-C para obtenção não só de etiquetagem, mas também o levantamento de resultados sobre as cargas térmicas do edifício.

3.4.1 Panorama Geral do Método

O processo de avaliação pelo método simplificado pode ser realizado pela Interface Web exclusivamente ou também com o auxílio de uma Planilha Template, como demonstrado na Figura 20:

Figura 20 – Fluxograma avaliação Método Simplificado INI-C



Fonte: CB3E (2024)

Para avaliação utilizou-se de Planilha Template, onde através da planilha é possível avaliar os sistemas iluminação equipamentos e obter informações mais detalhadas (CB3E, 2024).

Para iniciar a avaliação, baixou-se a Planilha Template da Interface Web e preencheu-se as abas “Geral”, conforme Quadro 6:

Quadro 6 – Planilha Template – Aba “Geral”

DADOS GERAIS	
Nome da Edificação:	Barracões Geminados
Endereço:	Cafeara-PR
Solicitante da ENCE:	Projetek
Etapas:	Projeto
UF:	PR
Cidade:	Cafeara
Tipo de sistema de geração de eletricidade	Sistema Interligado Nacional
Zona Bioclimática:	3
Área construída (m²):	790,40
Tipologia predominante:	Varejo e Serviços
Fator de Forma (m²/m³):	12,399
Parcela avaliada:	Edificação completa

Fonte: autor (2025)

Este resultado inicial, obtido com os dados originais do projeto aplicados ao método simplificado da INI-C, chamar-se-á de Cenário 0.

3.4.2 Análise da Envoltória

De acordo com a INI-C a avaliação da envoltória ocorre através do cálculo da carga térmica interna, sendo a quantidade de calor a ser retirada ou fornecida para o ambiente, por unidade de tempo, para se atingir condições térmicas desejadas. Quantificada essa carga térmica total anual da edificação se chega ao consumo de energia voltado para climatização do ambiente (CB3E, 2024).

Conforme INMETRO (2022), se compara a edificação em análise com condições de referência para sete tipologias. Neste estudo, a tipologia de referência é “Varejo e Comércio” conforme Tabela A.5 da INI-C.

Assim, se classifica envoltória baseado no percentual de redução de carga térmica total anual da edificação real (RedCgTT) em comparação com a carga térmica total anual da edificação de referência (Classe D).

O primeiro passo para classificação da envoltória, é o cálculo do Fator de Forma (FF) da edificação:

$$FF = \frac{A_{env}}{V_{tot}}$$

Sendo A_{env} a área total da envoltória da edificação, ou seja, a soma das áreas de superfície, e V_{tot} o volume total da edificação, volume delimitado pelos fechamentos externos (fachadas, pisos e cobertura).

Segundo passo é a determinação da zona bioclimática (ZB), ainda referenciados a versão anterior da NBR 15220 ABNT (2005), a qual é selecionada automaticamente na planilha após seleção do estado e cidade.

Após cálculo do Fator de Forma e definição da zona bioclimática, é determinado o coeficiente de redução de carga térmica total anual da classificação D para a A ($CRCgTT_{D-A}$). Esse valor é tabelado e encontrado na Tabela 8.16 para tipologia “Varejo – Comércio” da INI-C (INMETRO, 2022), conforme Quadro 7:

Quadro 7– Edificações de varejo – comércio: coeficiente de redução da carga térmica anual da classificação D para A com base no fator de Forma (FF) e classificação

Classificação Climática	Coeficiente de redução da carga térmica anual da classificação D para a classificação A ($CRCgTT_{D-A}$)				
	$FF \leq 0,20$	$0,20 < FF \leq 0,30$	$0,30 < FF \leq 0,40$	$0,40 < FF \leq 0,50$	$FF > 0,50$
ZB 1	0,26	0,26	0,27	0,28	0,28
ZB 2	0,20	0,21	0,22	0,24	0,25
ZB 3	0,21			0,20	0,17
ZB 4	0,17	0,17	0,18	0,16	0,13
ZB 5	0,21	0,21	0,22	0,21	0,18
ZB 6	0,18	0,18	0,18	0,16	0,11
ZB 7	0,12	0,12	0,12	0,10	0,06
ZB 8	0,14	0,14	0,14	0,12	0,08

Fonte: INMETRO (2022)

A partir do $CRCgTT_{D-A}$, se obtém o coeficiente “ i ” que representa os intervalos entre as classes A, B, C e D:

$$i = \frac{CRCgTT_D - A \times 100}{3}$$

Sendo os intervalos de classificação da eficiência energética da envoltória definidos através dos limites apresentados na Tabela 8.11 da INI-C (INMETRO, 2022), conforme Quadro 8:

Quadro 8 – Limites do intervalo de classificação

Tabela 8.11 – Limites dos intervalos das classificações de eficiência energética da envoltória					
Classificação de Eficiência	RedCgTT (%)				
	A	B	C	D	E
	$\text{RedCgTT} > 3i$	$3i \geq \text{RedCgTT} > 2i$	$2i \geq \text{RedCgTT} > i$	$i \geq \text{RedCgTT} \geq 0$	$\text{RedCgTT} < 0$

Fonte: INMETRO (2022)

Na aba “Componentes” adicionou-se as propriedades térmicas e características das paredes, coberturas, pisos e vidros. Sendo apresentadas itens solicitados abaixo. Conforme apresentado nos Quadros 9, 10, 11, 12 e 13:

Quadro 9 – Propriedades térmicas dos componentes – Paredes Externas

Paredes Externas			
Nome	U (W/m²K)	CT (kJ/m²K)	Absortância
Sem Parede externa	-6	-400	0,34
Par. Ext. Ref.	2,39	150	0,5
Parede Externa Projeto	2,37	151	0,293

Fonte: autor (2025)

Quadro 10 – Propriedades térmicas dos componentes – Paredes Internas

Paredes internas		
Nome	U (W/m²K)	CT (kJ/m²K)
Sem Parede Interna	2,39	150
Par. Int. Ref.	2,39	150
Parede Interna Projeto	2,37	151

Fonte: autor (2025)

Quadro 11 – Propriedades térmicas dos componentes – Cobertura

Coberturas			
Nome	U (W/m²K)	CT (kJ/m²K)	Absortância
Pvto interm.	0	0	0
Cob. Ref.	2,06	233	0,8
Telha Sanduíche EPS (20mm)	1,35	6,4	0,25

Fonte: autor (2025)

Quadro 12 – Propriedades térmicas dos componentes – Piso

Piso		
Nome	U (W/m²K)	CT (kJ/m²K)
Piso Ref.	2,06	233
Piso de Concreto 10cm	3,74	220

Fonte: autor (2025)

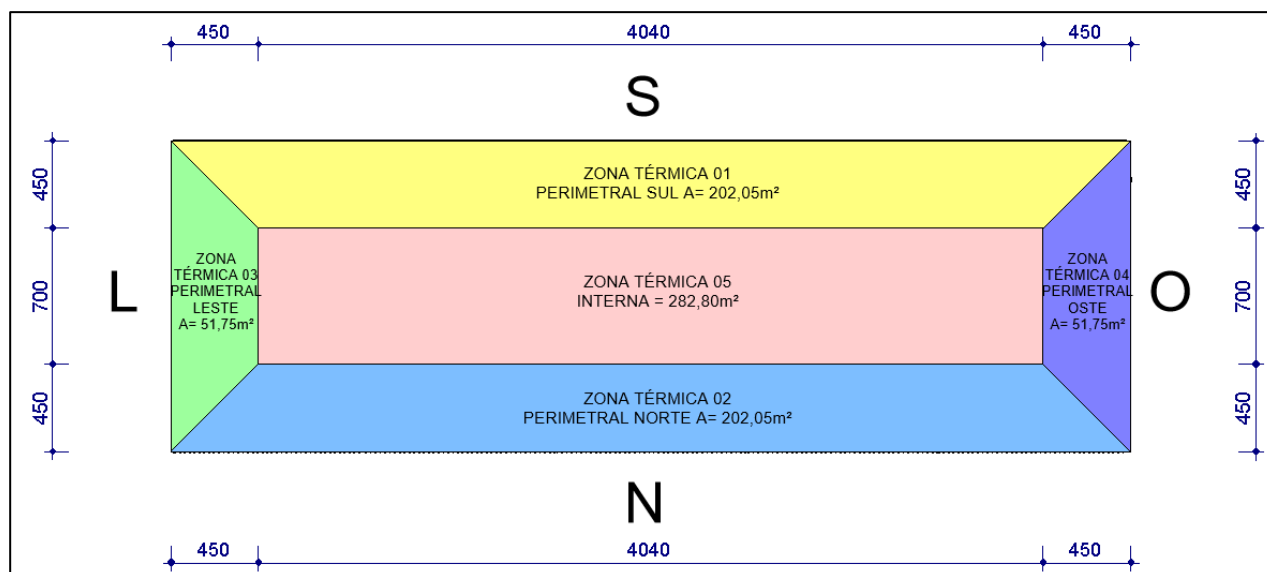
Quadro 13 – Propriedades térmicas dos componentes – Vidro

Vidros e Sombreamento								
Nome	U (W/m²K)	Fator Solar	Sombreamento por Proteções Solares			Autossombreamento		
			AVS (°)	AHS (°)	AOV (°)	AVS (°)	AHS (°)	AOV (°)
Sem Janela	0	0	0	0	0	0	0	0
Referência	5,7	0,82	0	0	0	0	0	0
Vidro Simples Incolor	5,7	0,87	0	0	0	0	0	0

Fonte: autor (2025)

Especificados as características térmicas dos materiais, dividiu-se a mesma em cinco zonas térmicas, quatro perimetrais e uma interna, a zonas perimetrais foram definidas considerando 4,50m de distância da fachada, de acordo com o critério de divisão da INI-C (INMENTRO, 2022), apresentadas na Figura 21:

Figura 21 – Divisão zonas térmicas da edificação



Fonte: autor (2025)

Na aba “Envoltória” selecionou-se a opção “Método Simplificado”, e para cada Zona Térmica adicionou-se as seguintes informações. Conforme apresentado nos Quadros 14, 15, 16 e 17:

Quadro 14 – Características zonas térmicas – Localização e geometria

Condição da Zona térmica no pavimento	Zona Térmica	Área	Pé-direito [m]	Tipo de Zona Térmica	Orientação	Relação com Zonas térmicas adjacentes
Térreo (único pvto)	ZT Perimetral Norte	202,05	5	Perimetral	N	Zona adjacente condicionada
Térreo (único pvto)	ZT Perimetral Sul	202,05	5	Perimetral	S	Zona adjacente condicionada
Térreo (único pvto)	ZT Perimetral Leste	51,75	5	Perimetral	L	Zona adjacente condicionada
Térreo (único pvto)	ZT Perimetral Oeste	51,75	5	Perimetral	O	Zona adjacente condicionada
Térreo (único pvto)	ZT Interna	282,8	5	Interna	Interna	Zona adjacente condicionada

Fonte: autor (2025)

Observa-se que no Quadro 14 o pé-direito teve que ser simplificado, resumindo-se a uma média de alturas do projeto real. O tamanho do pé direito utilizado foi de 5 metros.

Quadro 15 – Características zonas térmicas – Uso, paredes, coberturas e pisos

Uso	Componente Construtivo da Parede externa	Componente Construtivo da Parede interna	Componente Construtivo da Cobertura	Componente Construtivo do Piso
Varejo - Comércio	Parede Externa Projeto	Parede Interna Projeto	Telha Sanduiche EPS (20mm)	Piso de Concreto 10cm
Varejo - Comércio	Parede Externa Projeto	Parede Interna Projeto	Telha Sanduiche EPS (20mm)	Piso de Concreto 10cm
Varejo - Comércio	Parede Externa Projeto	Par. Int. Ref.	Telha Sanduiche EPS (20mm)	Piso de Concreto 10cm
Varejo - Comércio	Parede Externa Projeto	Parede Interna Projeto	Telha Sanduiche EPS (20mm)	Piso de Concreto 10cm
Varejo - Comércio	Sem Parede externa	Parede Interna Projeto	Telha Sanduiche EPS (20mm)	Piso de Concreto 10cm

Fonte: autor (2025)

Quadro 16 – Características zonas térmicas – Vidros, fachada e aberturas

Componente da Abertura e Sombreamento	Percentual de Abertura da Fachada [%]	É a Fachada Principal? [Somente para tipologia de Varejo e Serviços]	Percentual de Abertura Zenital [%]	Componente da Abertura Zenital
Vidro Simples Incolor	2,7	Sim	0,0	Sem Aber. Zenital
Vidro Simples Incolor	2,7	Não	0,0	Sem Aber. Zenital
Sem Aberturas	0,0	Não	0,0	Sem Aber. Zenital
Sem Aberturas	0,0	Não	0,0	Sem Aber. Zenital
Sem Aberturas	0,0	Não	0,0	Sem Aber. Zenital

Fonte: autor (2025)

Quadro 17 – Características zonas térmicas – Cargas internas

Cargas internas			
DPI Real (W/m ²)	DPE (W/m ²)	Ocupação (pessoa/m ²)	Horas de ocupação
8,66	20,00	0,20	12
8,66	20,00	0,20	12
8,66	20,00	0,20	12
8,66	20,00	0,20	12
8,66	20,00	0,20	12

Fonte: autor (2025)

Com as abas “Geral”, “Componentes” e “Envoltória” preenchidas carregou-se a Planilha Template na Interface Web para calcular as cargas térmicas (envoltória). Depois das cargas calculadas, preencheu-se os resultados na aba “Envoltória” de “Carga térmica de resfriamento real (kWh/ano)” e “Carga térmica de resfriamento referência (kWh/ano)” para cada zona térmica.

3.4.3 Análise da Iluminação

No sistema de iluminação estão contidos os conjuntos de luminária, incluindo lâmpada, fonte e reatores e seus respectivos controles como interruptores e sensores (INMETRO, 2022). Na aba “Iluminação” da planilha do método simplificado foram preenchidos os dados necessários para análise.

Para definição da potência instalada da edificação de referência, definiu-se o método da potência limite instalada como “Método do Edifício Completo”, devido a edificação não possuir mais de três usos diferentes. Dessa forma, os modelos de referência (D e A) utilizam-se da área da mesma para calcular a potência limite multiplicando-a com os valores de referência de DPI_L (Densidade de Potência Instalada Limite) das atividades selecionadas, no estudo de caso, tipologia “Varejo – Comércio” e uso “Comércio”.

O levantamento da potência total do sistema de iluminação do modelo real é a somatória de três parcelas conforme INMETRO (2022):

1. Potência de iluminação instalada nos ambientes que possuem controle automatizado por sensores de presença ou iluminação natural, com projeto luminotécnico ou luminárias já definidas;
2. Potência de iluminação instalada nos ambientes sem controle automatizado, com projeto luminotécnico ou luminárias já definidas;
3. Potência de iluminação instalada nos ambientes sem projeto luminotécnico ou luminárias definidas.

No empreendimento em estudo, foi realizado projeto luminotécnico, mas sem controle automatizado, assim, tem-se a contribuição de uma única parcela no levantamento do sistema de iluminação do modelo real, sendo esta a potência de iluminação instalada nos ambientes sem controle automatizado.

Foram especificados para cada um dos cinco galpões, 20 lâmpadas tubulares de potência de 65W, totalizando-se 100 lâmpadas de potência de 65W, ou seja, potência total de iluminação de 6500W (Projetek, 2024).

As configurações da planilha para Iluminação, podem ser vistas nos Quadros 18 e 19:

Quadro 18 – Configuração Densidade de Potência Instalada – Aba “Iluminação”

Método do Edifício completo			
Tipologia Predominante da edificação:	Varejo - Comércio		
Consumo limite Classe D (W):	59158		
Consumo limite Classe A (W):	30794		
Parcela Avaliada	Área iluminada (m²)	Especificar Tipologia	Função
Galpões	750,35	Varejo - Comércio	Comércio

Fonte: autor (2025)

Quadro 19 – Configuração Densidade de Potência Instalada – Aba “Iluminação”

Parte da edificação	Área iluminada (m²)	Repetição	Previsão de projeto luminotécnico	Potência de iluminação com controle automatizado [W]	Potência de iluminação sem controle automatizado [W]	Potência Instalada [W]
Galpões	750,35	1	Com projeto	0,00	6.500,00	6.500,00

Fonte: autor (2025)

3.4.4 Análise dos Equipamentos

Para definição do DPE (Densidade de Potência Instalada Equipamentos) preencheu-se na aba “Geral” que não haveria levantamento de potência instalada de equipamentos, conforme Quadro 20, visto que, os barracões dos projetos são genéricos, por não possuírem na fase de projeto definição exata do seu uso, podendo serem locados para quaisquer fins comerciais.

Quadro 20 – Configuração Levantamento de Potência Instalada – Aba “Geral”

DADOS GERAIS	
Nome da Edificação:	Barracões Geminados
Endereço:	Cafeara-PR
Empresa:	Projetek
Etapa:	Projeto
UF:	PR
Cidade:	Cafeara
Tipo de sistema de geração de eletricidade	Sistema Interligado Nacional
Zona Bioclimática:	3
Área construída (m²):	788,5
Tipologia predominante:	Varejo - Comércio
Fator de Forma (m²/m³):	12,399
Levantamento de Potência instalada de Equipamentos?	Não

Fonte: autor (2025)

Assim, na aba “Equipamentos” adotou-se o consumo de energia final dos equipamentos para o modelo real o mesmo do modelo de referência, considerando 20 W/m², valor pré-definido para tipologia “Varejo – Comércio” e uso “Comércio”. Conforme apresentado no Quadro 21:

Quadro 21 – DPE (Densidade de Potência Instalada Equipamentos) – Aba “Equipamentos”

CARGA DE EQUIPAMENTOS	
Nome da Edificação:	Barracões Geminados
Etapa:	Projeto
Levantamento detalhado da DPE?	Não
Consumo de energia final Referência (kWh/ano):	1800,00
Consumo de energia final Real (kWh/ano):	1800,00
Potência Instalada de Equipamentos em APTs (W):	0,00
Potência Instalada de Equipamentos em APPs (W):	0,00
DPE (W/m²):	20,00

Fonte: autor (2025)

Caso houvesse definição dos equipamentos na edificação, a DPE real seria encontrada através da razão da somatória da potência média dos equipamentos instalados, considerando o tempo de uso e área de um ambiente ou zona térmica (INMETRO, 2022).

3.4.5 Outras Análises

Assim, avaliou-se apenas os sistemas de envoltória, iluminação e equipamentos, como também a classificação de cada um deles dada pela planilha final.

Pelo projeto não se utilizar de aquecimento de água, oferta de água não potável, placas fotovoltaicas, e não possuir projeto de condicionamento de ar, não foram preenchidos itens nem analisados resultados dos mesmos.

3.5 Exploração da ferramenta Insight Carbon

A ferramenta Insight Carbon, como visto, fornece informações dinâmicas sobre o consumo energético do projeto ao usuário. No entanto, por ser uma ferramenta desenvolvida em outro país (Estados Unidos) e para se extrair o máximo de seus resultados é necessário fazer diversas simulações para um melhor entendimento do seu funcionamento.

A simulação computacional possibilita a identificação do efeito de cada fator isoladamente, possibilitando uma análise de diferentes estratégias.

Inicialmente, identificou-se que o Insight Carbon apresentava diferentes modos de simulação alguns exigem entrada de mais dados e outros são mais genéricos. Quatro desses modos foram testados para que, a partir dos melhores resultados, se seguisse para simulações mais específicas. Os modos testados foram chamados de Cenário 1, Cenário 2, Cenário 3 e Cenário 4, sendo respectivamente cada um deles:

- **Cenário 01:** Simulação Modo “Elementos de Construção” – Propriedades Térmicas “Elementos Detalhados” – Configuração “Tipo de Espaço” nativa;
- **Cenário 02:** Simulação Modo “Elementos de Construção” – Propriedades Térmicas “Elementos Detalhados” – Configuração “Tipo de Espaço” aproximada INI-C;
- **Cenário 03:** Simulação Modo “Elementos de Construção” – Propriedades Térmicas “Conceituais” – Configuração “Tipo de Espaço” nativa;

- **Cenário 04:** Simulação Modo “Ambientes ou Espaços” – Propriedades Térmicas “Conceituais” – Configuração “Tipo de Espaço” nativa.

Outras configurações seriam possíveis, como a escolha do Modo “Utilizar massas conceituais e elementos de construção”, porém no projeto não foram realizadas a modelagem de massas conceituais, apenas elementos de construção.

Outra opção seria a escolha do tipo de propriedades térmica dos materiais como “Esquemática”, onde é possível selecionar materiais de forma específica apenas com transmitâncias pré-configuradas, todavia, este modo apresenta opções limitadas, com ausência dos materiais de alguns elementos do projeto, dessa forma optou-se pela simulação “Conceitual”.

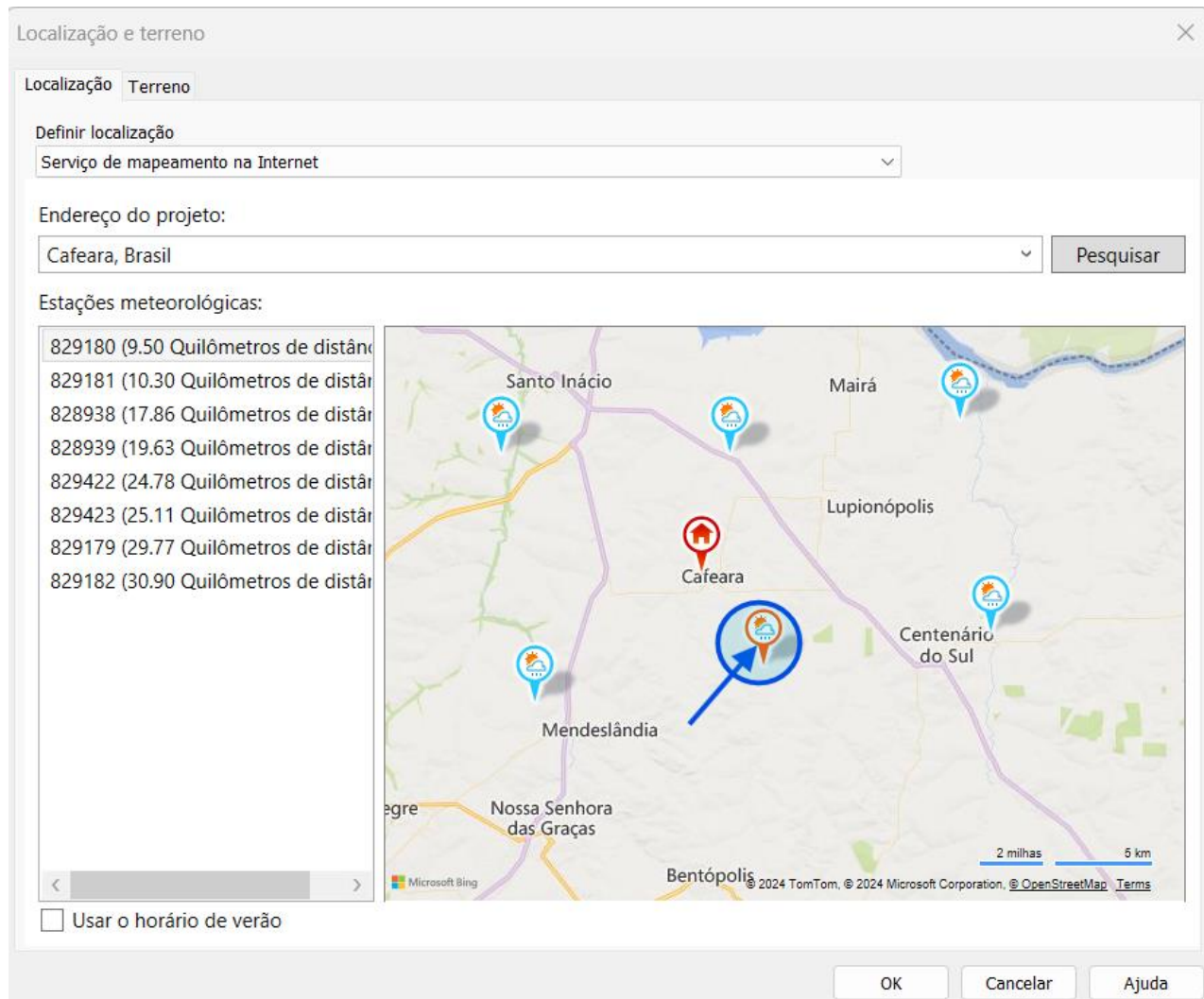
Abaixo serão detalhadas as configurações adotadas em cada um dos quatros cenários.

3.5.1 Cenário 01: Simulação Modo “Elementos de Construção” – Propriedades Térmicas “Elementos Detalhados” – Configuração “Tipo de Espaço” nativa

Como primeira simulação, Cenário 1, foi testado o edifício sem alterações nas configurações de tipo de espaço, e selecionando a opção de utilizar as propriedades térmicas dos materiais modelados para simulação através dos elementos de construção.

No Revit, inseriu-se a cidade do projeto, Cafeara-PR para obtenção das características climáticas da cidade e selecionada a estação meteorológica mais próxima, sendo a estação 829180, latitude -22.7890 e longitude -51 (Cafeara-PR). Conforme apresentado na Figura 22:

Figura 22 – Localização climática projeto Revit



Fonte: autor (2024)

O passo seguinte foi delimitar os espaços volumétricos de cada ambiente, como demonstrados abaixo na Figura 23, que ressaltado em azul demonstra um dos espaços o “Espaço 1 – Salão A”:

Com o espaço selecionado, foram configurados os parâmetros na seção “Análise de energia” e “Tipo de espaço” como “Área de vendas de comercialização - Varejo”.

70

Figura 24 – Configuração “Cargas elétricas”

Cargas elétricas

Iluminação

Valores: Especificado ▾

☐ Carregar:

☒ Densidade de carga: 8,66 W/m²

Contribuição para o plenum (se existir):

100,00%

Potência

Valores: Especificado ▾

☐ Carregar:

☒ Carregar densidade: 20,00 W/m²

OK Cancelar Ajuda

Fonte: autor (2025)

Para o Cenário 1 não foram alteradas as pré-configurações de tipo de espaço, nem tabelas com porcentagem de uso e horas de ocupação, iluminação e potência, apenas cargas elétricas como especificado acima, sendo estas apresentadas nas Figuras 25, Figura 26 e Figura 27:

Figura 25 – Configuração Tipo de Espaço “Área de vendas de comercialização - Varejo”

Configurações de tipo de espaço

Filtro: Digite as palavras de busca

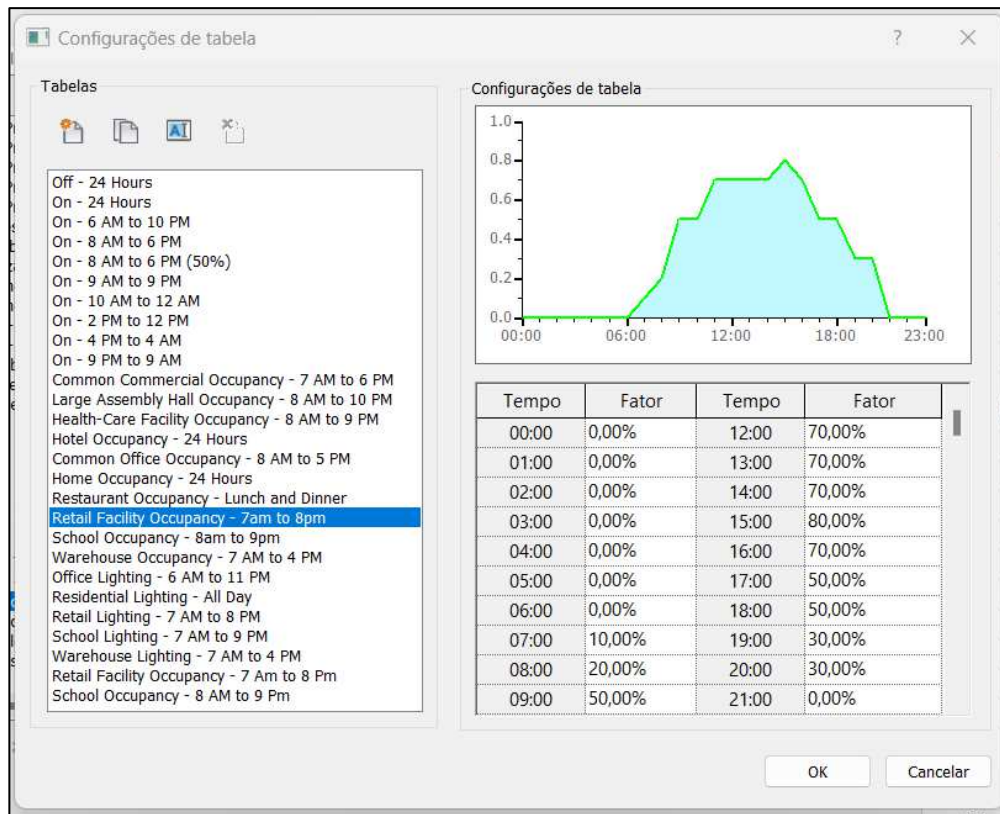
Vestibário/Armário/Provador - Auditório
 Vestibário/Armário/Provador - Fórum Judicial
 Vestibário/Armário/Provador - Ginásio
 Vestibário/Armário/Provador - Sala de Ginástica
 Vestibário/Armário/Provador - Teatro
 Área da Arena de esportes - Arena de Esportes
 Área de atividades bancárias - Escritório
 Área de comercialização de mercadorias de luxo -
 Área de Estacionamento - Pedestre - Garagem
 Área de Estacionamento - somente Manobrista - G
 Área de exercícios - Ginásio
 Área de exercícios - Sala de Ginástica
 Área de Leitura - Biblioteca
 Área de prática de esporte no ginásio
 Área de quadra de esportes - Estádio de Esportes
 Área de refeições
 Área de refeições - Hotel
 Área de refeições - Motel
 Área de refeições - Penitenciária
 Área de refeições - Refeições da Família
 Área de refeições - Refeições Salão/Lazer
 Área de refeições - Serviços Cíveis
 Área de refeições - Transporte
 Área de Separação - Correios
Área de vendas de comercialização - Varejo
 Área de vendas de comercialização em massa - Va
 Área de vendas de lojas de especialidades - varejo
 Área de vendas de serviços pessoais - Varejo
 Área de vendas em shopping center - Varejo

Parâmetro	Valor
Análise de energia	
Área por pessoa	6,667 m ²
Ganho de calor sensível por pessoa	73,27 W
Ganho de calor latente por pessoa	58,61 W
Densidade de carga de iluminação	6,66 W/m ²
Densidade de carga de potência	20,00 W/m ²
Infiltração de ar por área	0,19 L/(s.m ²)
Contribuição de iluminação do plenum	20,0000%
Tabela de ocupação	Retail Facility Occupancy - 7am to 8pm
Tabela de iluminação	Retail Lighting - 7 AM to 8 PM
Tabela de potência	Retail Lighting - 7 AM to 8 PM
Ar exterior por pessoa	3,54 L/s
Ar exterior por área	0,61 L/(s.m ²)
Trocas de ar por hora	0,000000
Método de ar externo	por Pessoa e por Área
Ponto de definição de aquecimento	21,11 °C
Ponto de definição de resfriamento	23,89 °C
Ponto de definição de umidificação	0,0000%
Ponto de definição de desumidificação	70,0000%

OK Cancelar

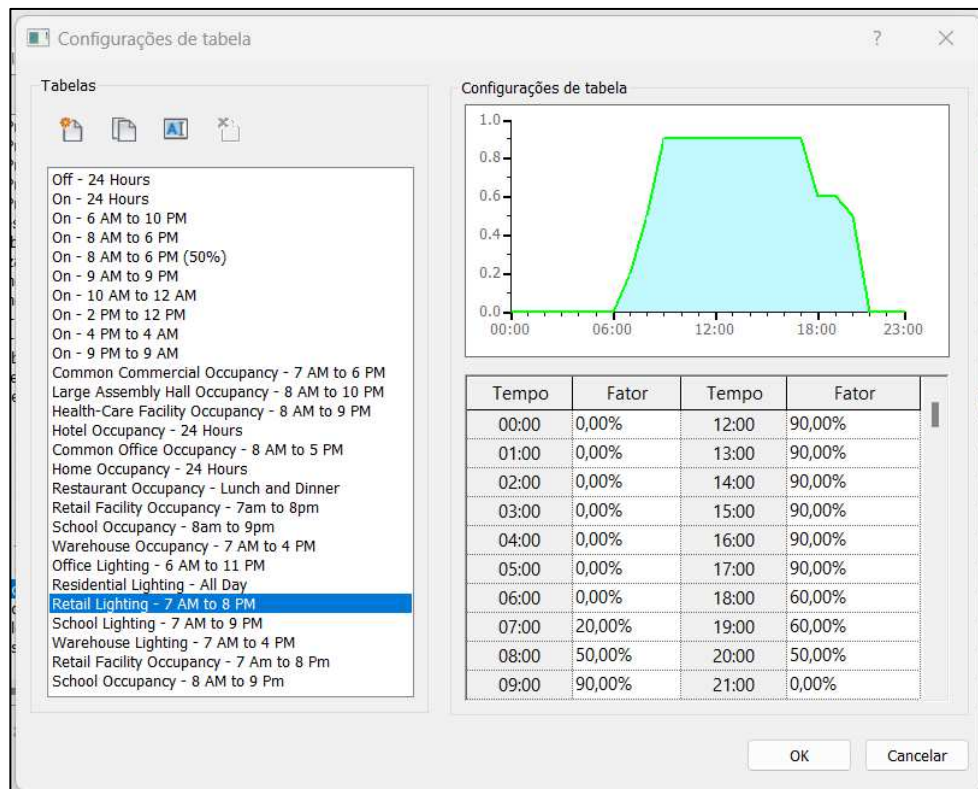
Fonte: autor (2025)

Figura 26 – Tabela de Ocupação



Fonte: autor (2025)

Figura 27 – Tabela de iluminação e potência

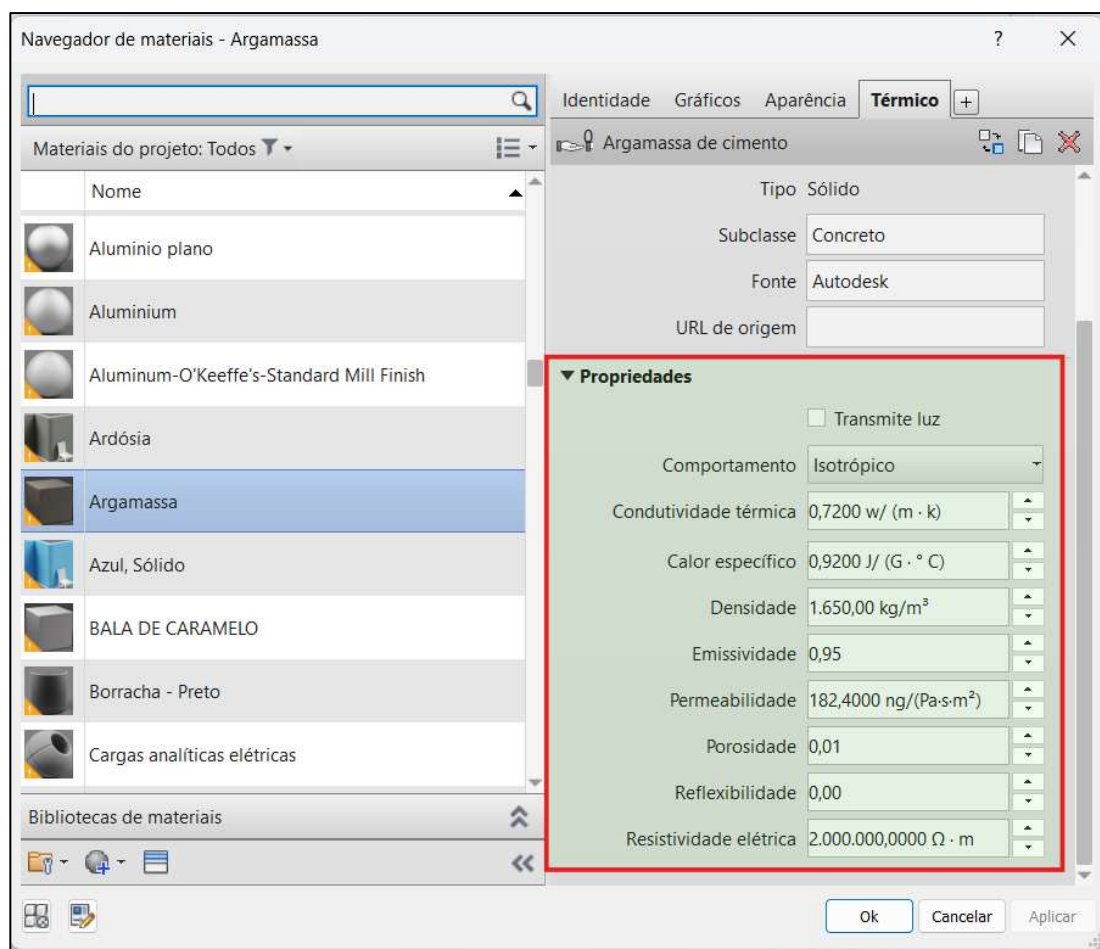


Fonte: autor (2025)

O mesmo procedimento de inserção de espaços e configurações foram aplicados nos demais espaços.

Foram, então, selecionados os materiais que compunham os componentes construtivos, buscando sempre se aproximar das propriedades térmicas apresentadas na pesquisa, como exemplificado na Figura 28:

Figura 28 – Propriedades térmicas materiais – Revit



Fonte: autor (2025)

Assim, com as propriedades térmicas, condutividade térmica e densidade dos materiais especificados, Figura 28, automaticamente as famílias, paredes, telhados, janelas e pisos, que possuem sua espessura definida para cada camada de material, calcula as propriedades térmicas dos componentes como Transmitância (U), Resistência (R) e capacidade térmica, no software apresentado como “massa térmica”. Como demonstrada nas Figuras 29, 30 e 31:

Figura 29 – Propriedades térmicas componentes – Parede Externa – Revit

Propriedades analíticas	
Coeficiente de transferência de calor (U)	2,2737 W/(m ² ·K)
Resistência térmica (R)	0,4398 (m ² ·K)/W
Massa térmica	155,700000 kJ/(m ² ·K)
Absorção	0,293000
Rugosidade	1
Dados de identidade	

Fonte: autor (2025)

Figura 30 – Propriedades térmicas componentes – Piso – Revit

Propriedades analíticas	
Coeficiente de transferência de calor (U)	3,7000 W/(m ² ·K)
Resistência térmica (R)	0,2703 (m ² ·K)/W

Fonte: autor (2025)

Figura 31 – Propriedades térmicas componentes – Cobertura

Propriedades analíticas	
Coeficiente de transferência de calor (U)	1,3497 W/(m ² ·K)
Resistência térmica (R)	0,7409 (m ² ·K)/W
Absorção	0,250000

Fonte: autor (2025)

Na Figura 29 e Figura 31, também é possível ver o parâmetro “Absorção” referente a absorvância do elemento, a qual necessita ser preenchida manualmente, uma única vez, para cada variação dessa característica.

Já para as configurações do vidro é permitido o preenchimento das propriedades de transmitância (U) e fator sola (FS), manualmente, conforme Figura 32:

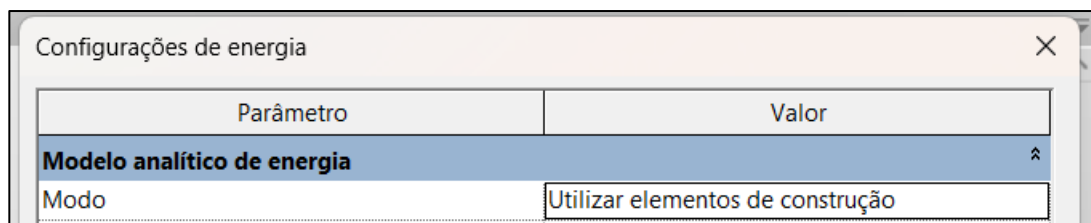
Figura 32 – Propriedades térmicas componentes – Vidro – Revit

Propriedades analíticas	
Construção analítica	<Nenhum>
Definir propriedades térmicas por	Definido pelo usuário
Transmissão de luz visual	0,900000
Coeficiente de ganho de calor solar	0,870000
Resistência térmica (R)	0,1754 (m ² ·K)/W
Coeficiente de transferência de calor (U)	5,7000 W/(m ² ·K)

Fonte: autor (2025)

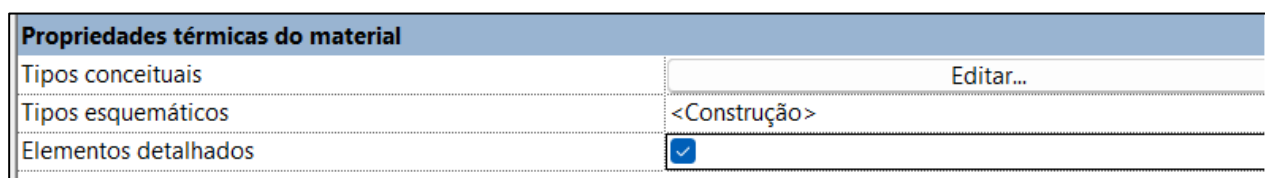
Definiu-se o “Modo” do modelo de análise de energia como “Utiliza elementos de construção” para realização das simulações com as propriedades térmicas dos “Elementos detalhados” configuradas e presentes no modelo, conforme Figura 33 e Figura 34:

Figura 33 – Modo de simulação – Cenário 01



Fonte: autor (2025)

Figura 34 – Opção de detalhamento das propriedades térmicas dos materiais – Cenário 01



Fonte: autor (2025)

Após configurações, criou-se o modelo analítico energético da edificação e realizou-se a simulação do Cenário 1.

3.5.2 Cenário 02: Simulação Modo “Elementos de Construção” – Propriedades Térmicas “Elementos Detalhados” – Configuração “Tipo de Espaço” aproximada INI-C

Como segunda simulação, Cenário 2, foi testado o edifício com alterações nas configurações de tipo de espaço, tentando aproximar-se das configurações da INI-C, e selecionando a opção de utilizar as propriedades térmicas dos materiais modelados para simulação através dos elementos de construção.

Configurações como cidade, criação de espaços, tipo de espaço, cargas elétricas, propriedades térmicas dos materiais, absorvância, modo de análise e detalhamento dos elementos construtivos foram mantidas como apresentado no Cenário 1.

Para o Cenário 2 foram alteradas as pré-configurações de tipo de espaço, como as tabelas com porcentagem de uso e horas de ocupação, iluminação e

potência, na tentativa de aproximação a configuração da INI-C conforme Figuras 35, Figura 36:

Figura 35 – Configuração Tipo de Espaço “Área de vendas de comercialização - Varejo” – Cenário 2

Configurações de tipo de espaço

Filtro:

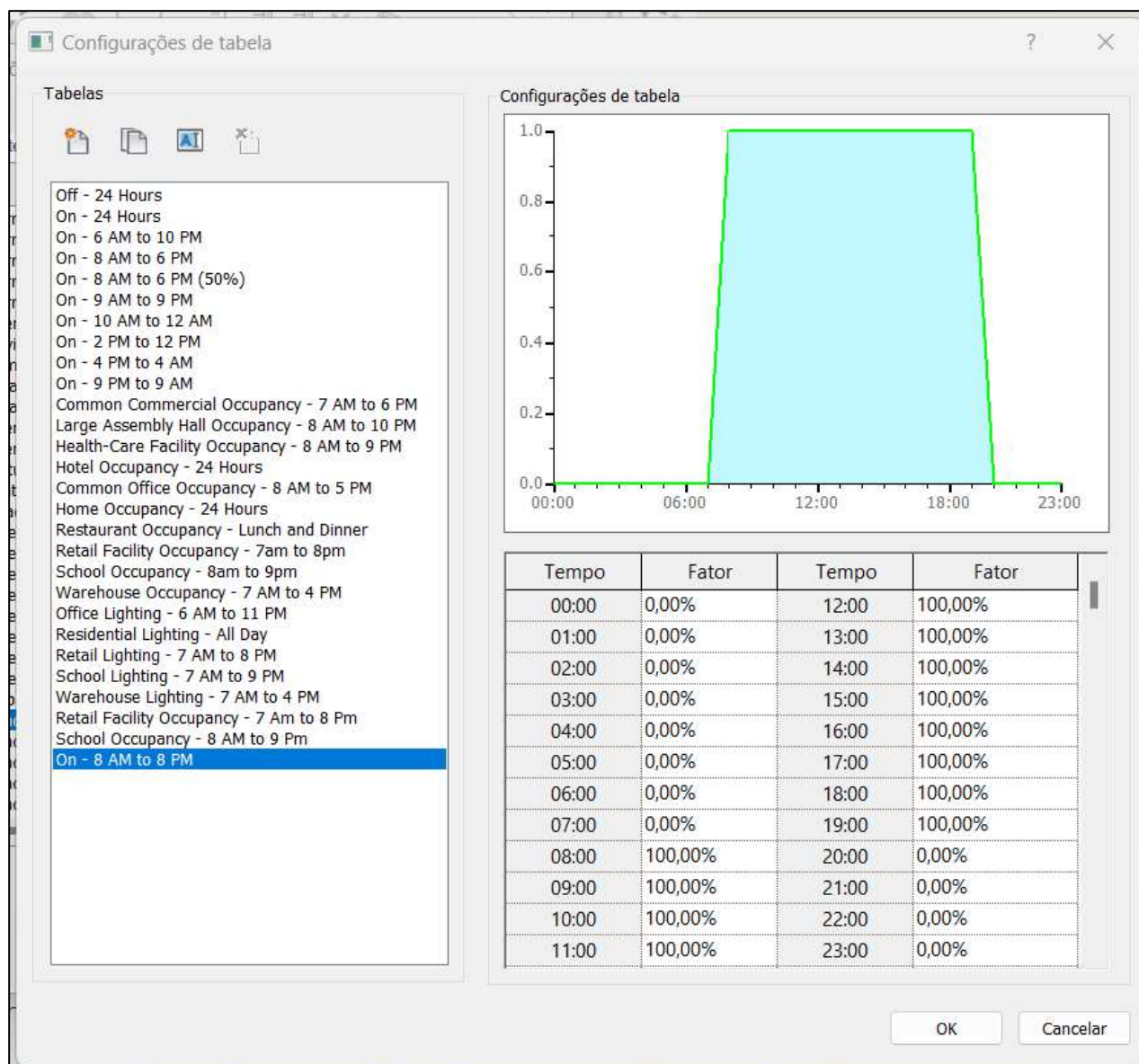
- Vestibário/Armário/Provador - Auditório
- Vestibário/Armário/Provador - Fórum Judicial
- Vestibário/Armário/Provador - Ginásio
- Vestibário/Armário/Provador - Sala de Ginástica
- Vestibário/Armário/Provador - Teatro
- Área da Arena de esportes - Arena de Esportes
- Área de atividades bancárias - Escritório
- Área de comercialização de mercadorias de luxo -
- Área de Estacionamento - Pedestre - Garagem
- Área de Estacionamento - somente Manobrista - G
- Área de exercícios - Ginásio
- Área de exercícios - Sala de Ginástica
- Área de Leitura - Biblioteca
- Área de prática de esporte no ginásio
- Área de quadra de esportes - Estádio de Esportes
- Área de refeições
- Área de refeições - Hotel
- Área de refeições - Motel
- Área de refeições - Penitenciária
- Área de refeições - Refeições da Família
- Área de refeições - Refeições Salão/Lazer
- Área de refeições - Serviços Cíveis
- Área de refeições - Transporte
- Área de Separação - Correios
- Área de vendas de comercialização - Varejo**
- Área de vendas de comercialização em massa - Va
- Área de vendas de lojas de especialidades - varejo
- Área de vendas de serviços pessoais - Varejo
- Área de vendas em shopping center - Varejo

Parâmetro	Valor
Análise de energia	
Área por pessoa	5,000 m ²
Ganho de calor sensível por pessoa	73,27 W
Ganho de calor latente por pessoa	58,61 W
Densidade de carga de iluminação	8,66 W/m ²
Densidade de carga de potência	20,00 W/m ²
Infiltração de ar por área	0,19 L/(s.m ²)
Contribuição de iluminação do plenum	20,0000%
Tabela de ocupação	On - 8 AM to 8 PM
Tabela de iluminação	On - 8 AM to 8 PM
Tabela de potência	On - 8 AM to 8 PM
Ar exterior por pessoa	3,54 L/s
Ar exterior por área	0,61 L/(s.m ²)
Trocas de ar por hora	0,000000
Método de ar externo	por Pessoa e por Área
Ponto de definição de aquecimento	20,00 °C
Ponto de definição de resfriamento	24,00 °C
Ponto de definição de umidificação	0,0000%
Ponto de definição de desumidificação	70,0000%

OK Cancelar

Fonte: autor (2025)

Figura 36 – Tabela de ocupação, iluminação e potência – Cenário 2



Fonte: autor (2025)

Após configurações, criou-se o modelo analítico energético da edificação e realizou-se a simulação do Cenário 2.

3.5.3 Cenário 03: Simulação Modo “Elementos de Construção” – Propriedades Térmicas “Conceituais” – Configuração “Tipo de Espaço” nativa

Como terceira simulação, Cenário 3, foi testado o edifício sem alterações nas configurações de tipo de espaço, e selecionando a opção de utilizar as propriedades térmicas dos materiais conceituais para simulação através dos elementos de construção. Esta opção seria muito interessante para arquitetos não muito familiarizados com as propriedades térmicas dos materiais.

Configurações como cidade, criação de espaços, tipo de espaço, configuração de tipo de espaço, cargas elétricas e modo de análise foram mantidas como apresentado no Cenário 1.

Para o Cenário 3 foi alterada a opção de detalhamento dos elementos construtivos, propriedades térmicas dos materiais e absorvência desmarcando a opção “Elementos detalhados” e configurando os elementos conceituais conforme Figuras 37 e Figura 38:

Figura 37 – Opção de detalhamento das propriedades térmicas dos materiais – Cenário 03

Propriedades térmicas do material	
Tipos conceituais	Editar...
Tipos esquemáticos	<Construção>
Elementos detalhados	☐

Fonte: autor (2025)

Figura 38 – Configuração propriedades térmicas dos materiais “Tipos conceituais” – Cenário 03

Modelo de massa	Construções
Parede externa da massa	Construção pesada – Sem isolamento
Parede interna da massa	Construção pesada – Sem isolamento
Parede externa da massa - Subsolo	Construção pesada – Sem isolamento
Telhado da massa	Isolamento típico - Telhado frio
Piso de massa	Construção leve – Sem isolamento
Laje de massa	Construção pesada – Sem isolamento
Vidraça da massa	Painel único claro - Sem revestimento
Claraboia da massa	Painel único - Refletivo
Sombreado da massa	Sombra básica
Abertura da massa	Ar

OK Cancelar Ajuda

Fonte: autor (2025)

As propriedades térmicas dos materiais conceituais, apresentados na Figura 37, foram selecionadas dentro da maior proximidade com as características da edificação, em alguns casos não possuindo exatidão devido à falta de opções entre as alternativas fornecidas.

Após configurações, criou-se o modelo analítico energético da edificação e realizou-se a simulação do Cenário 3.

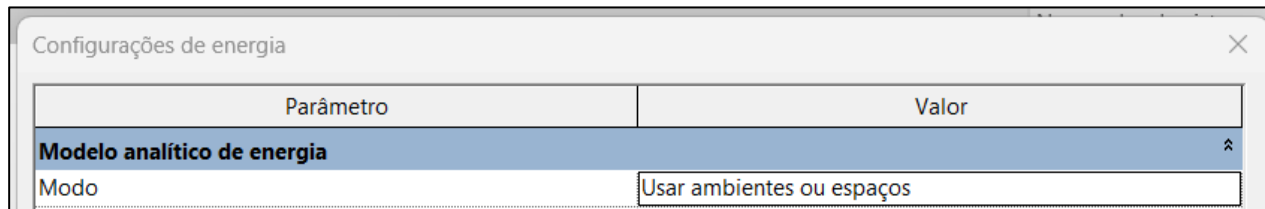
3.5.4 Cenário 04: Simulação Modo “Ambientes ou Espaços” – Propriedades Térmicas “Conceituais” – Configuração “Tipo de Espaço” nativa

Como quarta simulação, Cenário 4, foi testado o edifício sem alterações nas configurações de tipo de espaço, e selecionando a opção de utilizar as propriedades térmicas dos materiais modelados, sendo alterado o modo de simulação por ambientes e espaços.

Configurações como cidade, criação de espaços, tipo de espaço, configuração de tipo de espaço, cargas elétricas, propriedades térmicas dos materiais, absorptância, e detalhamento dos elementos construtivos foram mantidas como apresentado no Cenário 1.

Definiu-se o “Modo” do modelo de análise de energia como “Usar ambientes ou espaços” para realização da simulação, conforme Figura 39:

Figura 39 – Modo de simulação – Cenário 04



Fonte: autor (2025)

Após configurações, criou-se o modelo analítico energético da edificação e realizou-se a simulação do Cenário 4.

3.5.5 Análise Autodesk Insight Carbon

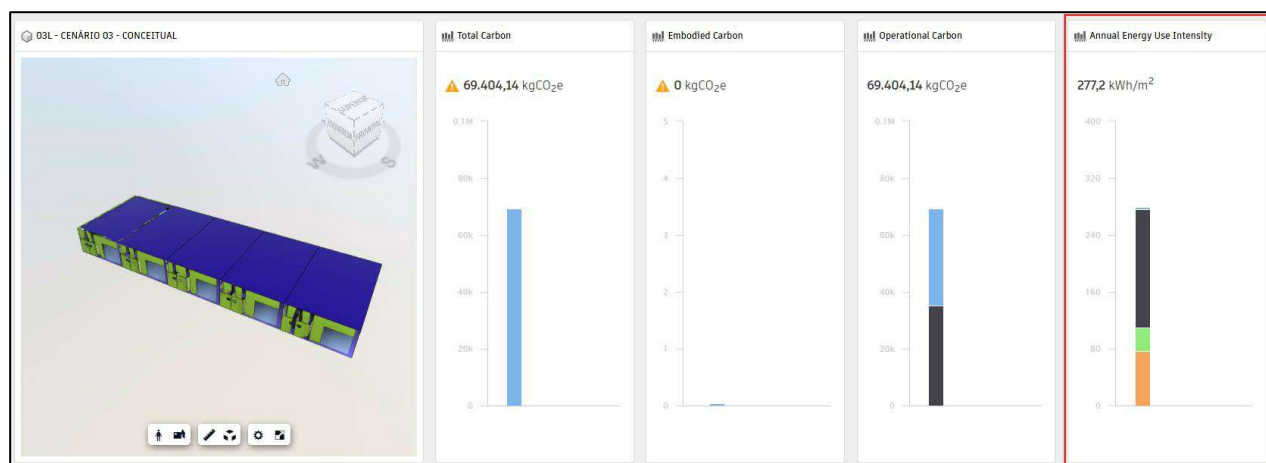
A análise do modelo ocorre na nuvem, e os relatórios são gerados no site do Insight Carbon que podem ser acessados.

O sistema de condicionamento de ar (HVAC), no modo simplificado, utilizado neste trabalho, pode ser definido através do “ideal heating/cooling loads” no EnergyPlus, quando não há sistemas analíticos definidos no Revit. No EnergyPlus, esse sistema de condicionamento de ar não apresenta equipamentos reais, e é usado

para calcular a carga térmica necessária para manter a edificação nas condições de conforto, mesmo conceito usado pela INI-C.

Com a simulação concluída, através da interface do Insight Carbon obteve-se os resultados de saída. Sendo o principal resultado apresentado em kWh/m²/ano da edificação, conforme Figura 40:

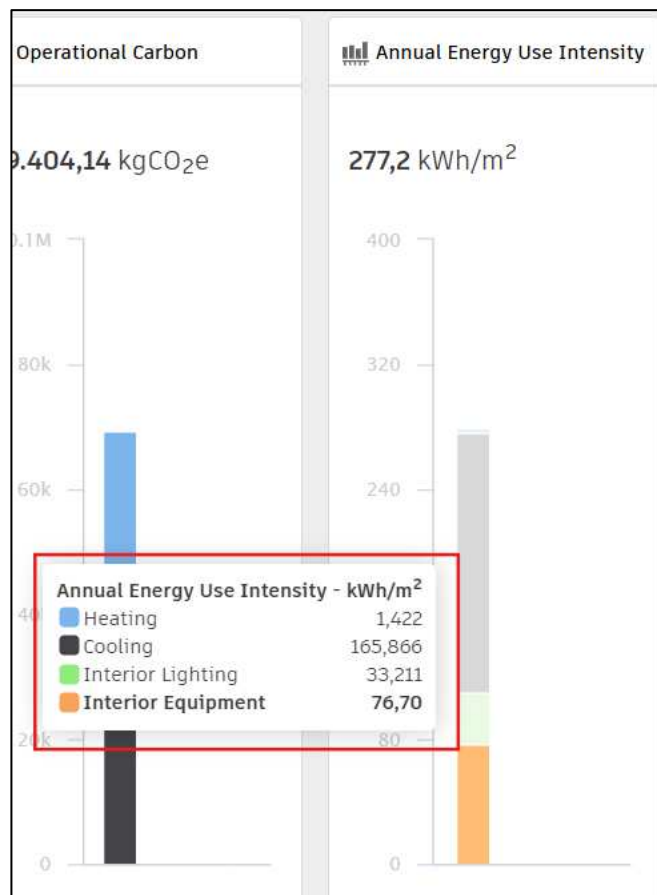
Figura 40 – Resultados Autodesk Insight Carbon



Fonte: autor (2025)

Essa energia requerida pelo edifício ainda é dividida em quatro partes dentro do Autodesk Insight Carbon: equipamentos (Interior Equipment), iluminação (Interior Lighting), carga térmica aquecimento (Heating), carga térmica resfriamento (Cooling). Conforme apresentado na Figura 41:

Figura 41 – Subdivisão resultado anual Autodesk Insight Carbon



Fonte: autor (2025)

Outros resultados referentes a emissão de carbono também são apresentados, os quais não são objeto de estudo da presente pesquisa.

3.6 Comparação dos resultados dos softwares

Desenvolvida a avaliação através do Método Simplificado da INI-C e a simulação energética nos quatro cenários apresentados do Autodesk Insight Carbon, buscou-se então procurar simetrias entre os resultados obtidos analisando as seguintes respostas em comum a simulação e avaliação:

- Carga térmica de resfriamento da envoltória (kWh/ano);
- Consumo anual em energia de iluminação (kWh/ano);
- Consumo anual em energia de equipamentos (kWh/ano).

Não foram comparados resultados obtidos de carga térmica de aquecimento no Autodesk Insight Carbon, pois não se obtém esse resultado no Método Simplificado da INI-C.

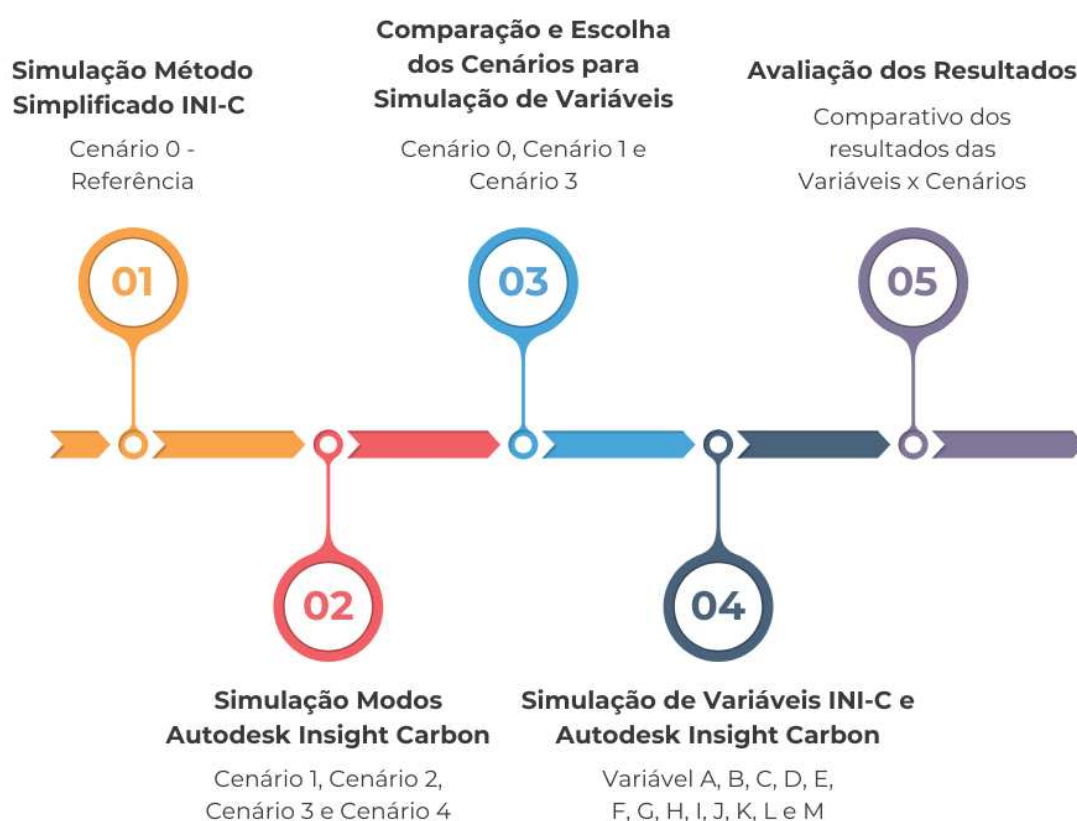
Vale ressaltar que os resultados obtidos no Autodesk Insight Carbon são em kWh/m²/ano, sendo necessária a multiplicação do resultado pela área total da edificação para efeito comparativo.

Com base nos parâmetros acima verificou-se a proximidade dos quatro cenários do Autodesk Insight Carbon em relação ao Método Simplificado da INI-C.

3.7 Exploração de Variáveis

Após verificação da proximidade dos quatros cenários do Autodesk Insight Carbon seguiu-se com o teste de variáveis para o Método Simplificado da INI-C (Cenário 0) e os dois cenários mais próximos, Cenário 01 e Cenário 03, conforme apresentado na Figura 42, Quadro 22:

Figura 42 – Fluxograma Simulações e Variáveis



Fonte: autor (2025)

Quadro 22 – Identificação das Variáveis e Simulações

Variável		Identificação das Simulações		
ID	Descrição	Cenário 0 INI-C	Cenário 1 Nativo Elementos	Cenário 3 Conceitual
A	Projeto	0A	1A	3A
B	Absortância Parede = 0,55	0B	1B	3B
C	Absortância Parede = 0,80	0C	1C	3C
D	Absortância Cobertura = 0,55	0D	1D	3D
E	Absortância Cobertura = 0,80	0E	1E	3E
F	Propriedades Térmicas - Parede Concreto 10cm - Transmitância = 4,40 W/m ² .K e Capacidade Térmica = 240 kJ/m ² K	0F	1F	3F
G	Propriedades Térmicas - Parede Leve Isolante (1,25cm gesso + 9cm lã de rocha + 1cm placa cimentícia) - Transmitância = 2,61 W/m ² .K e Capacidade Térmica = 33 kJ/m ² K	0G	1G	3G
H	Propriedades Térmicas - Telha Fibrocimento - 8mm - Transmitância = 4,60 W/m ² .K e Capacidade Térmica = 12,8 kJ/m ² K	0H	1H	3H
I	Propriedades Térmicas - Telha Metálica com Poliestireno 6cm - Transmitância = 0,80 W/m ² .K e Capacidade Térmica = 11,2 kJ/m ² K	0I	1I	3I
J	% Abertura - Sem Abertura - 0%	0J	1J	3J
K	% Abertura - Abertura Portas - 31,90% (Norte e Sul)	0K	1K	3K
L	% Abertura - Abertura Portas 31,90% (Norte e Sul) + AVS 21,04° (Norte)	0L	1L	3L
M	Orientação - Rotação Horária 90°	0M	1M	3M

Fonte: autor (2025)

Assim, como apresentado no Quadro 22, são 13 variáveis multiplicadas por 3 cenários, representando um total de 39 simulações, avaliadas e comparadas entre si. Importante ressaltar que as alterações de variáveis não são cumulativas, e sim sempre uma por vez, alterando exclusivamente a variável de estudo da simulação partindo do modelo inicial do projeto.

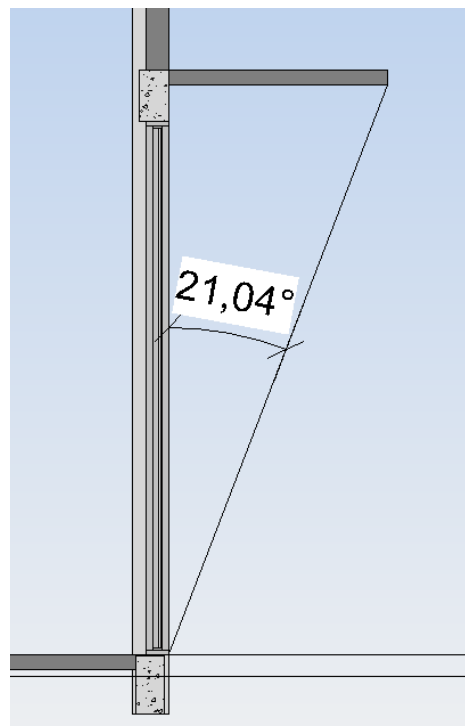
A variável “A” gera a simulação inicial com as características reais do empreendimento, sendo simulada para Cenário 0, Cenário 1 e Cenário 3, dando origem as simulações “0A”, “1A” e “3A”.

Para as simulações de algumas variáveis do Cenário 3 – Conceitual, onde não é possível a inserção de valores numéricos, ou inexiste a possibilidade de análise da variável, foram adotadas as seguintes medidas:

- Simulação 3B: não foi possível avaliar, sem a presença de características de absorvência;
- Simulação 3C: não foi possível avaliar, sem a presença de características de absorvência;
- Simulação 3D: isolamento típico – telhado escuro;
- Simulação 3E: isolamento típico – telhado escuro;
- Simulação 3F: construção pesada – sem isolamento;
- Simulação 3G: construção leve – isolamento alto;
- Simulação 3H: isolamento baixo – telhado frio;
- Simulação 3I: isolamento alto – telhado frio.

Para Variável L além da substituição das portas, por aberturas de vidro, com percentual de aberturas da fachada norte e sul de 31,90%, houve a inclusão de marquise de 1,50m para sombreamento das aberturas da fachada norte, com ângulo vertical de sombreamento (AVS) de $21,04^\circ$ como apresentado na Figura 43:

Figura 43 – Sombreamento Aberturas Fachada Norte e Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS)



Fonte: autor (2025)

Todas as simulações aconteceram entre a data de 01/11/2025 e 15/11/2025, utilizando-se da planilha modelo e interface Web INI-C, como a versão do Autodesk Insight Carbon vigentes no período.

A seguir, será apresentado de forma detalhada o objeto de alteração em cada variável.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Resultados das entrevistas

A entrevista semiestruturada realizada com quatro integrantes do escritório de projetos Projetek teve como objetivo compreender o nível de conhecimento e as práticas adotadas pelos projetistas em relação à eficiência energética, especialmente diante da avaliação do potencial uso da ferramenta Autodesk Insight Carbon/Revit. A análise foi organizada em três eixos principais: identificação dos participantes, caracterização do escritório e processos, e conhecimento prévio sobre desempenho térmico e eficiência energética.

4.1.1 Identificação dos participantes

Os quatro entrevistados apresentam perfis predominantemente jovens, compostos por um arquiteto e três estudantes de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Londrina. O tempo de atuação no escritório varia entre dez meses e dois anos. Essa composição reforça o caráter formativo do Projetek, cuja proposta institucional é proporcionar experiência prática a estudantes, favorecendo o desenvolvimento de habilidades técnicas e profissionais.

Essa característica influencia diretamente o repertório técnico do grupo, principalmente no que diz respeito ao domínio de ferramentas especializadas e conceitos de desempenho térmico, que tendem a se consolidar apenas com maior prática profissional.

4.1.2 Caracterização do escritório e dos processos de trabalho

Os participantes relataram atuação em projetos variados — infraestrutura de transporte, edificações educacionais, reformas, restauros e paisagismo — evidenciando a diversidade de demandas atendidas pelo escritório. O participante com maior tempo de casa demonstrou ter participado de mais tipos de projetos, ao passo que os demais tiveram envolvimento mais restrito, principalmente em terminais rodoviários, escolas e pequenas ampliações.

Quanto aos dados iniciais levantados, há convergência quanto à importância de informações do terreno, documentação existente, fotografias e legislação urbanística, embora cada participante tenha destacado apenas os elementos que diretamente lidam em suas tarefas. A mesma lógica ocorre no uso de softwares: todos utilizam o Revit para

modelagem e documentação, um membro utiliza o OrçaFascio para orçamentos, enquanto os demais empregam Lumion e Twinmotion para renderização. Nenhum entrevistado apontou o uso de ferramentas específicas para avaliação energética, indicando a inexistência dessa prática no fluxo de trabalho do Projetek.

4.1.3 Percepções e práticas sobre desempenho térmico e eficiência energética

Ao abordar a eficiência energética, observou-se inicialmente uma compreensão limitada sobre sua importância e, sobretudo, sobre sua integração estruturada ao processo de projeto. As falas revelam que, embora o termo “eficiência energética” não esteja presente no vocabulário cotidiano dos entrevistados, muitas de suas decisões projetuais indiretamente influenciam o desempenho térmico — como a consideração da orientação solar, seleção de materiais de fachada, escolha de esquadrias, adoção de sombreamentos e incentivo à ventilação natural.

Entretanto, essas estratégias surgem mais como reflexo de experiência intuitiva ou convenções de projeto do que como fruto de uma análise sistemática de eficiência. Limitações relacionadas a custo, pressão do cliente, projetos padronizados, restrições municipais e prazos curtos foram apontadas como entraves para aprofundar decisões técnicas nessa área.

Um ponto crítico identificado diz respeito ao conhecimento das propriedades térmicas dos materiais. A maioria desconhece conceitos essenciais — absorvância, atraso térmico, capacidade térmica e fator solar — ou não os utiliza de forma consciente nas decisões. As exceções ocorrem de modo pontual, como a consideração de absorvância para definição de cores ou de atraso térmico na escolha de paredes. A falta de domínio técnico manifesta-se, por exemplo, no desconhecimento geral do fator solar, algumas vezes confundido com orientação solar.

A ordenação das variáveis de projeto (Quadro 23 e 24) revela que desempenho térmico e custo aparecem entre os itens de menor importância, ao passo que “desejos do cliente” e “orientação do edifício” foram considerados mais relevantes. Paradoxalmente, as variáveis ambientais — principalmente orientação e sombreamento — desempenham papel decisivo na eficiência energética, mas não são percebidas pelos projetistas como integrantes desse domínio.

Quadro 23 – Importância variável de projeto

VARIÁVEL	P1	P2	P3	P4	MÉDIA
Ventilação Natural	✓ (3)	✗ (9)	✗ (10)	■ (7)	■ 7,25
Orientação da Edificação	✓ (2)	✓ (2)	■ (5)	✓ (4)	✓ 3,25
Aspectos Visuais (Estéticos)	✗ (8)	■ (6)	✓ (4)	✗ (8)	■ 6,50
Desempenho Térmico	■ (7)	■ (7)	✗ (11)	✗ (10)	✗ 8,75
Otimização do Espaço do Terreno	✗ (9)	✓ (3)	✓ (1)	✓ (2)	✓ 3,75
Desejos do Cliente	✓ (1)	✓ (1)	✗ (9)	✓ (1)	✓ 3,00
Custo (Economia)	■ (6)	✗ (11)	✗ (8)	✗ (9)	✗ 8,5
Volumetria da Edificação	■ (5)	✗ (8)	■ (6)	✓ (3)	■ 5,5
Sombreamento	✗ (10)	✓ (4)	✓ (2)	■ (6)	■ 5,5
Iluminação Natural	✓ (4)	■ (5)	✓ (3)	■ (5)	■ 4,25
Cronograma	✗ (11)	✗ (10)	■ (7)	✗ (11)	✗ 9,75
✓ 01 a 04 – Muito Importante					
■ 05 a 07 – Importância Intermediária					
✗ 08 a 11 – Pouco importante					

Fonte: autor (2024)

Quadro 24 – Ordenação importância variável de projeto

POSIÇÃO	VARIÁVEL	MÉDIA
1º	Desejos do Cliente	3,00
2º	Orientação da Edificação	3,25
3º	Otimização do Espaço do Terreno	3,75
4º	Iluminação Natural	4,25
5º	Sombreamento	5,5
-	Volumetria da Edificação	5,5
7º	Aspectos Visuais (Estéticos)	6,50
8º	Ventilação Natural	7,25
9º	Custo (Economia)	8,5
10º	Desempenho Térmico	8,75
11º	Cronograma	9,75

Fonte: autor (2024)

4.1.4 Ferramentas de análise energética

Dos softwares apresentados, o **EnergyPlus** foi o mais conhecido, embora superficialmente. O **Autodesk Insight**, foco da pesquisa, é praticamente desconhecido pelos entrevistados, mesmo integrando o Revit, ferramenta central do escritório. Nenhum dos quatro participantes utiliza qualquer software ou método sistemático de análise energética (como o método simplificado da INI-C), confirmando a ausência de práticas formais de avaliação de desempenho térmico dentro do Projetek.

4.1.5 Conclusões gerais sobre o cenário do Projetek

A síntese das entrevistas demonstra que o Projetek não realiza estudos de eficiência energética em nenhuma etapa do projeto, seja inicial ou avançada. Apesar disso, há decisões que potencialmente impactam positivamente a performance energética das edificações, mas que são tomadas sem consciência técnica do seu efeito. Essa situação reflete um fenômeno amplamente reconhecido na literatura internacional: muitos arquitetos carecem de formação em “building physics” e tomam decisões projetuais com base em experiência e intuição (Ouldja et al., 2024), o que reforça o distanciamento entre prática arquitetônica e simulação energética.

Em razão de mudanças de equipe e no próprio escritório ocorridas ao longo do tempo, o objetivo inicial de testar a ferramenta Autodesk Insight com os membros do escritório tornou-se inviável, dadas as limitações de familiaridade dos novos integrantes com processos BIM mais avançados. Ainda assim, esta etapa da pesquisa foi fundamental para revelar lacunas de conhecimento e oportunidades de capacitação no escritório, contribuindo para a discussão final da dissertação.

4.2 Resultado simulação Método Simplificado - Análise

Através da Interface Web e o auxílio de Planilha Template, como demonstrado na metodologia obteve-se os resultados da simulação pelo Método Simplificado conforme apresentado a seguir.

4.2.1 Análise da Envoltória

O primeiro resultado obtido foi o fator de forma de 12,399, que serviu de parâmetro para definição do coeficiente de redução de carga térmica total anual da classificação D para a A ($CRCgTT_{D-A}$) de 0,21. Esse valor é tabelado e encontrado na Tabela 8.16 para tipologia “Varejo – Comércio” da INI-C (INMETRO, 2022), conforme Quadro 25:

Quadro 25 – Coeficiente de redução de carga térmica total - Comércio

Tabela 8.16 – Edificações de varejo – comércio: coeficiente de redução da carga térmica anual da classificação D para a A ($CRCgTT_{D-A}$) com base no fator de forma (FF) e classificação climática correspondente

Classificação Climática	Coeficiente de redução da carga térmica anual da classificação D para a classificação A ($CRCgTT_{D-A}$)				
	FF ≤ 0,20	0,20 < FF ≤ 0,30	0,30 < FF ≤ 0,40	0,40 < FF ≤ 0,50	FF > 0,50
ZB 1	0,26	0,26	0,27	0,28	0,28
ZB 2	0,20	0,21	0,22	0,24	0,25
ZB 3	0,21			0,20	0,17
ZB 4	0,17	0,17	0,18	0,16	0,13
ZB 5	0,21	0,21	0,22	0,21	0,18
ZB 6	0,18	0,18	0,18	0,16	0,11
ZB 7	0,12	0,12	0,12	0,10	0,06
ZB 8	0,14	0,14	0,14	0,12	0,08

Fonte: INMETRO (2022)

A partir do $CRCgTT_{D-A}$, se obtém o coeficiente “i” que representa os intervalos entre as classes A, B, C e D, conforme Quadro 26:

Quadro 26 – Limites do intervalo de classificação - Resultados

	CRCgTTD-A	19,00%		i	6,33%
	A	B	C	D	E
Limite Superior	-	19,0%	12,7%	6,3%	0,0%
Limite Inferior	19,0%	12,7%	6,3%	0,0%	-

Fonte: autor (2025)

Resultado da Planilha Template na Interface Web as cargas térmicas (envoltória) por zona térmica, apresentado no Quadro 27:

Quadro 27 – Cargas térmicas envoltória

Tipo de Zona Térmica	Output do metamodelo na condição Real [kWh/m²ano]	Output do metamodelo na condição de Referência [kWh/m²ano]
ZT Perimetral Norte	177,41	332,13
ZT Perimetral Sul	171,34	294,91
ZT Perimetral Leste	167,61	259,29
ZT Perimetral Oeste	169,22	258,31
ZT Perimetral Interna	168,63	238,16
Total	854,21	1382,80

Fonte: autor (2025)

Depois de inseridos os valores na planilha obteve-se os resultados da “Carga térmica de resfriamento real (kWh/ano)” e “Carga térmica de resfriamento referência (kWh/ano)” para cada zona térmica e total, conforme Quadro 28:

Quadro 28 – Cargas térmicas resfriamento

Zona Térmica	Carga térmica de resfriamento REAL TOTAL (kWh/ano)	Carga térmica de resfriamento REFERÊNCIA TOTAL (kWh/ano)
ZT Perimetral Norte	35.846	67.107
ZT Perimetral Sul	34.619	59.587
ZT Perimetral Leste	8.674	13.418
ZT Perimetral Oeste	8.757	13.368
ZT Interna	47.689	67.352
TOTAL	135.584	220.831

Fonte: autor (2025)

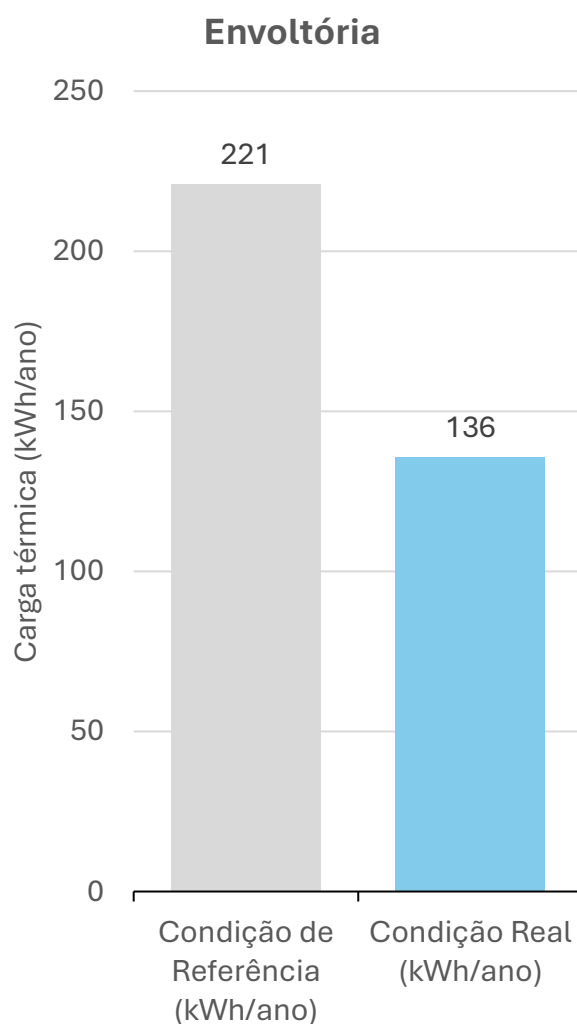
O resultado da etiquetagem observa-se no resultado da “Carga térmica de resfriamento real (kWh/ano)” e “Carga térmica de resfriamento referência (kWh/ano)” para edificação como um todo, apresentado no Quadro 29 e Figura 44:

Quadro 29 – Resultados eficiência energética envoltória - % de Redução e Classificação - Envoltória

Sistema	Condição de Referência (kWh/ano)	Condição Real (kWh/ano)	% de Redução	Classificação
Valores de Carga Térmica de Resfriamento				
Envoltória	220.831	135.585	38,6%	A

Fonte: autor (2025)

Figura 44 – Comparativo edificação de referência e edificação real - Envoltória



Fonte: autor (2025)

Entende-se que a edificação apresentou excelente classificação de eficiência energética devido as boas propriedades térmicas dos materiais empregados no

empreendimento como fechamento em alvenaria, fachada externa com baixa absorção, pé-direito alto e cobertura com propriedades isolantes por essa razão houve uma redução de 38,5% na carga térmica da envoltória em comparação a condição de referência.

4.2.2 Análise da Iluminação

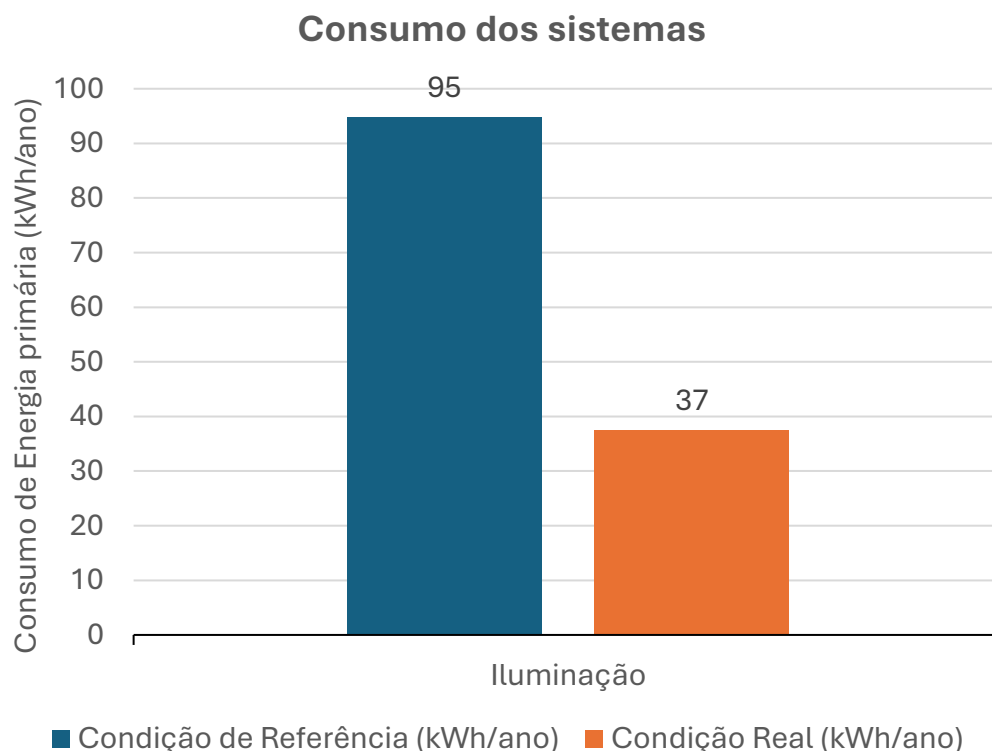
Para o sistema de iluminação obteve-se os seguintes resultados apresentados no Quadro 30 e Figura 45:

Quadro 30 – Resultados eficiência energética envoltória - % de Redução e Classificação - Iluminação

Sistema	Condição de Referência (kWh/ano)	Condição Real (kWh/ano)	% de Redução	Classificação
Iluminação	94.652	37.440	60,4%	B

Fonte: autor (2025)

Figura 45 – Comparativo edificação de referência e edificação real - Iluminação



Fonte: autor (2025)

Vale ressaltar que analisando apenas a redução de 60,4% de consumo energético em comparação com a edificação de referência classificaria a edificação com a etiqueta “A” para iluminação, todavia, há exigências de elegibilidade para a classificação da iluminação como “A” que não são atendidas pela edificação como sensores de presença,

contribuição de luz natural e desligamento automático, desta forma, mesmo com tal redução, a edificação obteve apenas a etiqueta de classificação “B”.

4.2.3 Análise dos Equipamentos

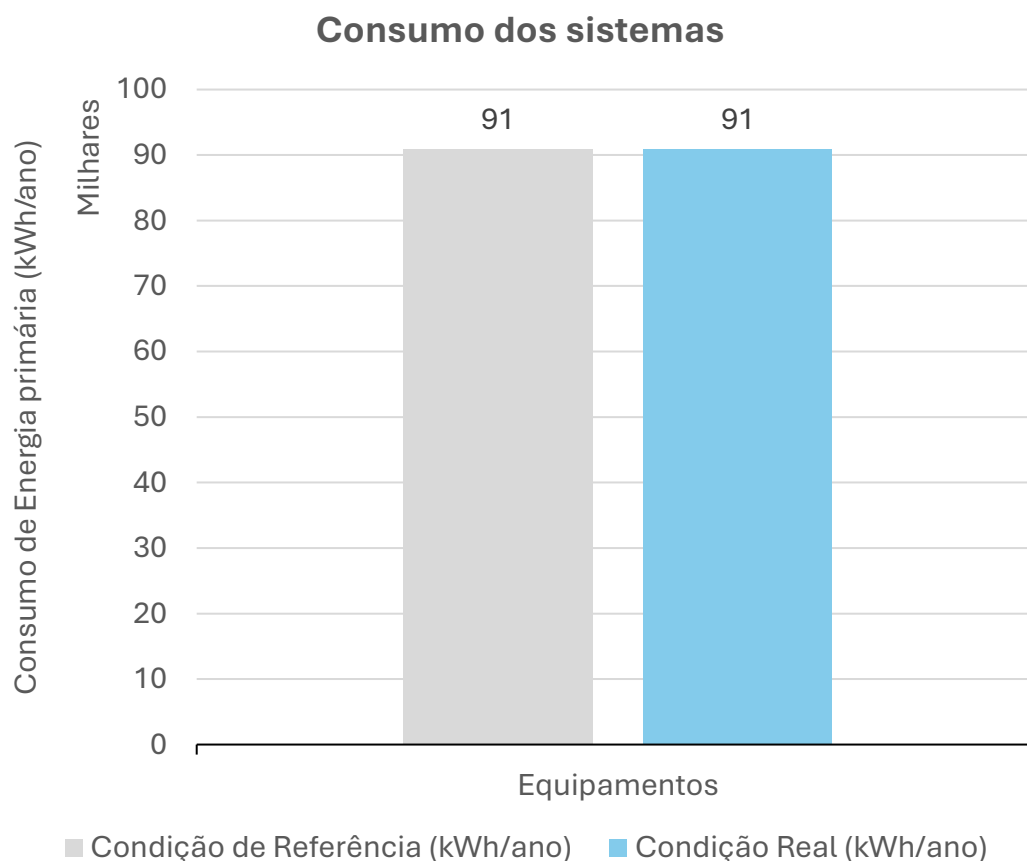
Para o sistema de equipamentos obteve-se os seguintes resultados apresentados no Quadro 31 e Figura 46:

Quadro 31 – Resultados eficiência energética envoltória - Consumo - Equipamentos

Sistema	Condição de Referência (kWh/ano)	Condição Real (kWh/ano)	% de Redução	Classificação
Equipamentos	90.835	90.835	-	-

Fonte: autor (2025)

Figura 46 – Comparativo edificação de referência e edificação real - Equipamentos



Fonte: autor (2025)

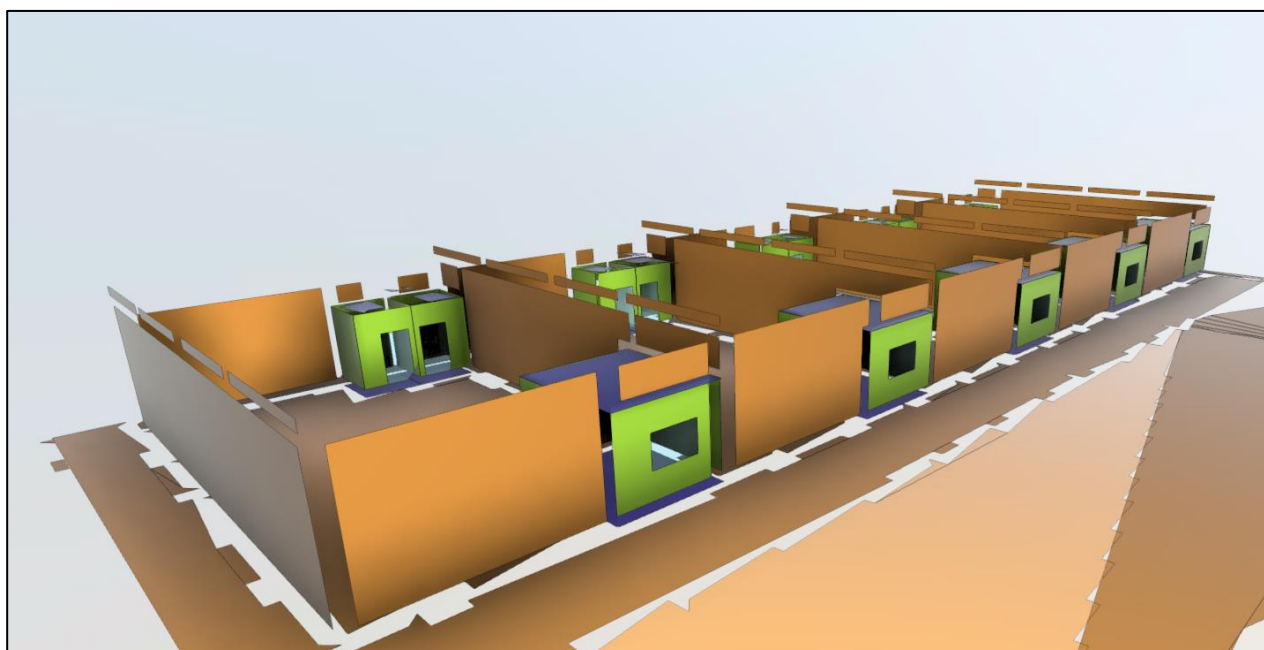
Quanto aos equipamentos o Método Simplificado não analisa individualmente a % de redução nem a etiqueta do sistema, sendo no nosso caso utilizado os valores de referência para preenchimento, visto que, em projeto não consta os equipamentos a

serem utilizados, por esse motivo, como visto na Figura 45 o consumo real e de referência são os mesmos.

4.3 Resultados simulação Autodesk Insight Carbon – Modos de Simulação

A primeira simulação obtida ao tentar gerar a simulação energética no Autodesk Insight Carbon não identificou a cobertura principal dos barracões devido sua complexidade de geometria em arco, trazendo resultados não factíveis, visto que não conseguiu gerar espaços de análises nos salões dos galpões, apenas no espaço do escritório e banheiros, como demonstrado na Figura 47:

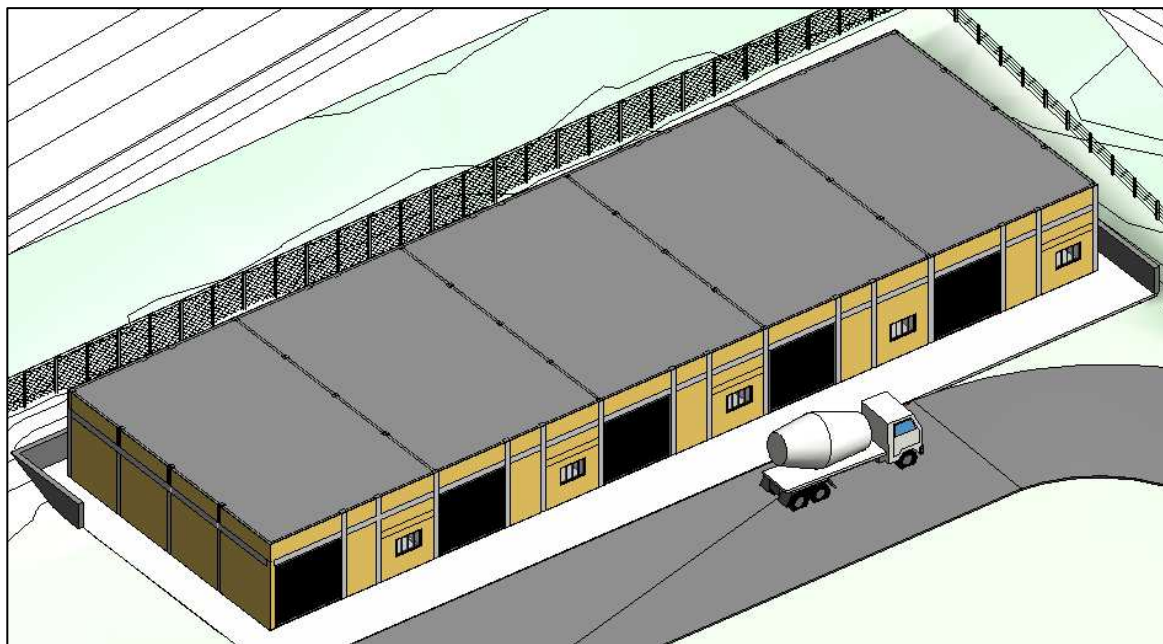
Figura 47 – Ausência da identificação da cobertura principal e espaços dos salões



Fonte: autor (2025)

Desta forma, houve a necessidade de simplificação da geometria, considerando a mesma prismática nos formatos simulados para o método simplificado da INI-C, como apresentado na Figura 48, a altura média do pé direito considerado foi de 5,00m. Este é um ponto importante no projeto arquitetônico pois nas fases iniciais limitar as formas pode ser um obstáculo para o uso da ferramenta.

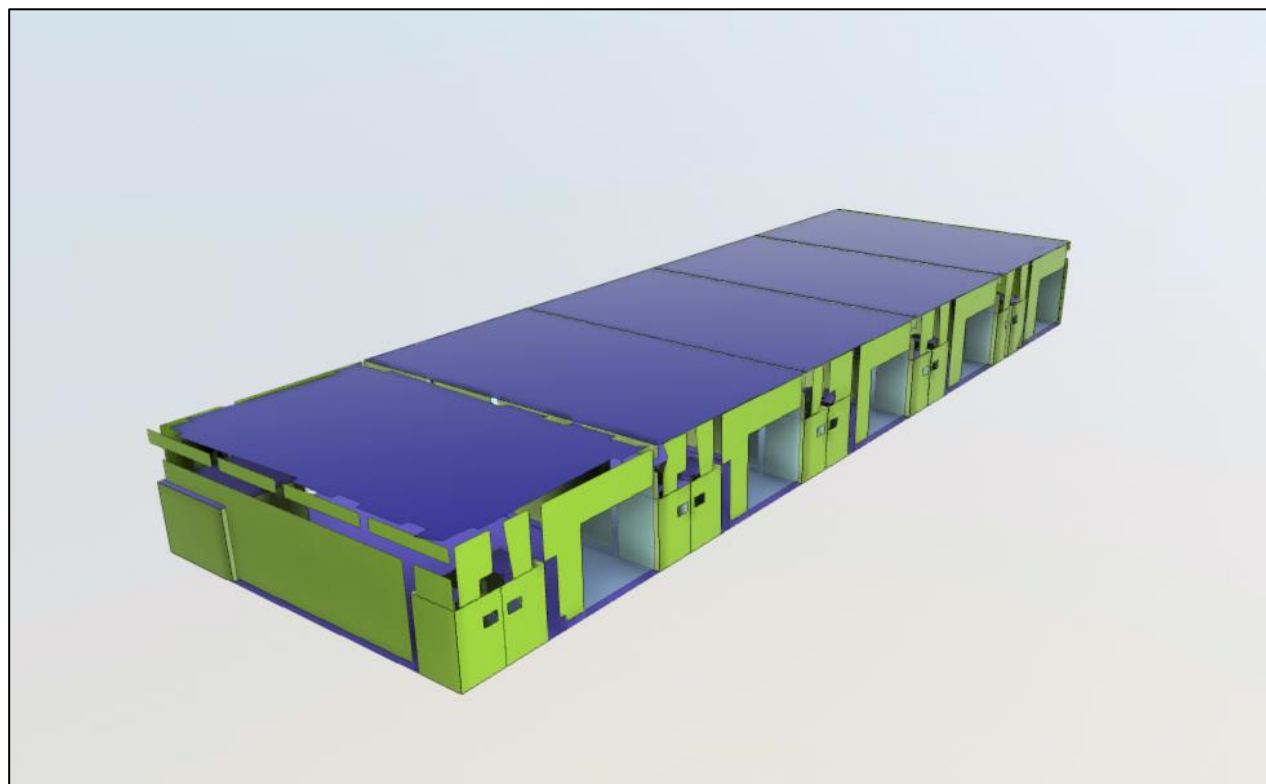
Figura 48 – Simplificação da geometria



Fonte: autor (2025)

Assim, na simulação foi possível identificar os espaços de acordo com a cobertura simplificada, como visualizado na Figura 49:

Figura 49 – Identificação da cobertura principal e espaços dos salões

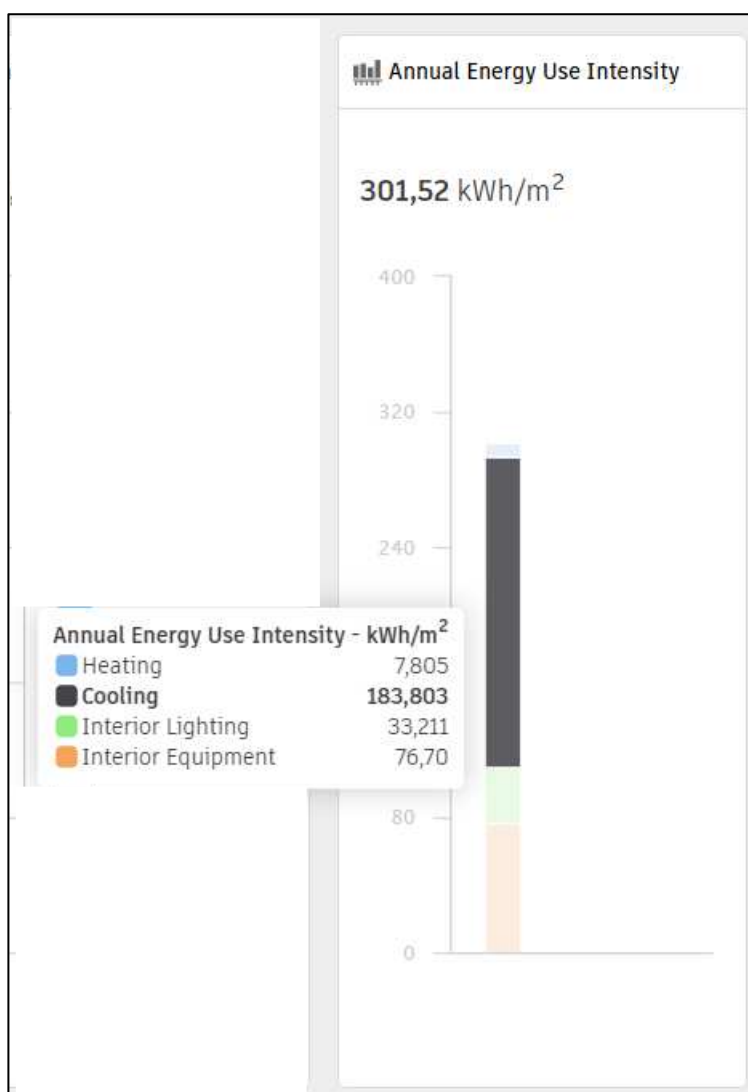


Fonte: autor (2025)

Depois da simplificação da geometria apresentada na Figura 48, realizou-se as simulações de acordo os diferentes modos de simulação fornecidos pela ferramenta Autodesk Insight Carbon, conforme resultados apresentados nas Figuras 50, 51, 52 e 53:

Cenário 01 – Simulação Modo “Elementos de Construção” – Propriedades Térmicas “Elementos Detalhados” – Configuração “Tipo de Espaço” nativa:

Figura 50 – Resultados Insight – Cenário 01 – Nativa Elementos

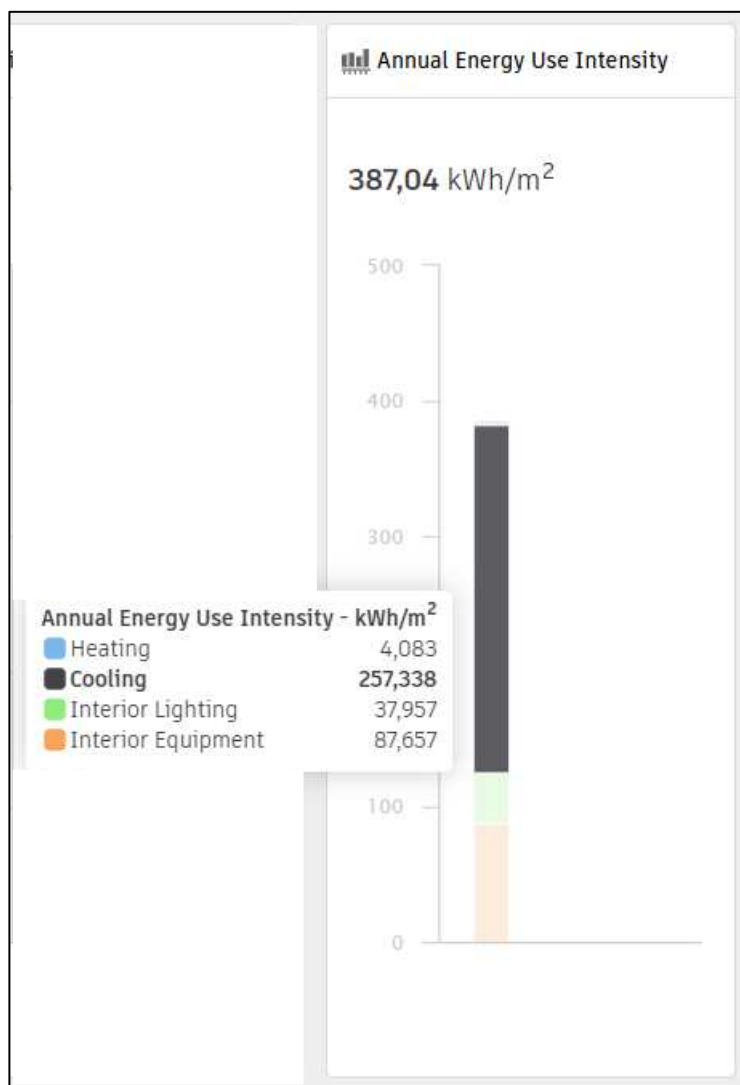


Fonte: autor (2025)

Conforme Figura 50, obteve-se uma carga de resfriamento de 183,803 kWh/m²/ano, consumo de energia primário de iluminação de 33,211 kWh/m²/ano e consumo de energia primário de equipamentos de 76,70 kWh/m²/ano e ainda uma carga de aquecimento de 7,805 kWh/m²/ano.

Cenário 02 – Simulação Modo “Elementos de Construção” – Propriedades Térmicas “Elementos Detalhados” – Configuração “Tipo de Espaço” aproximada INI-C:

Figura 51 – Resultados Insight – Cenário 02 – Aproximada INI-C

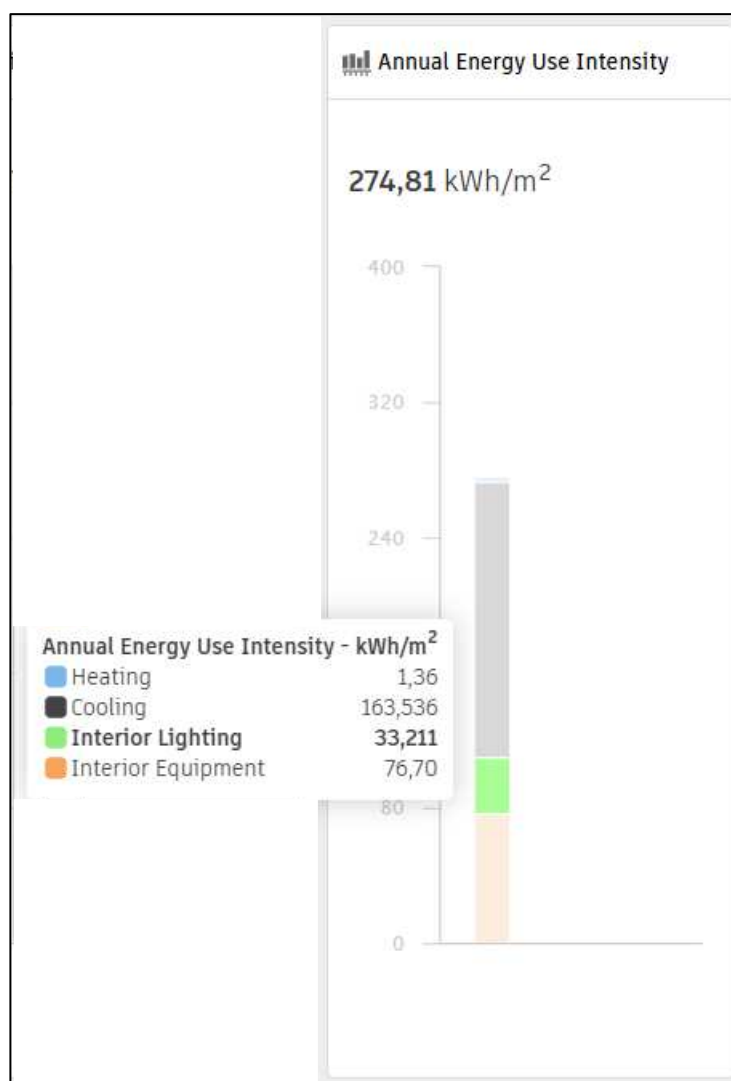


Fonte: autor (2025)

Conforme Figura 51, obteve-se uma carga de resfriamento de 257,338 kWh/m²/ano, consumo de energia primário de iluminação de 37,957 kWh/m²/ano e consumo de energia primário de equipamentos de 87,657 kWh/m²/ano e ainda uma carga de aquecimento de 4,083 kWh/m²/ano.

Cenário 03 – Simulação Modo “Elementos de Construção” – Propriedades Térmicas “Conceituais” – Configuração “Tipo de Espaço” nativa:

Figura 52 – Resultados Insight – Cenário 03 – Conceitual

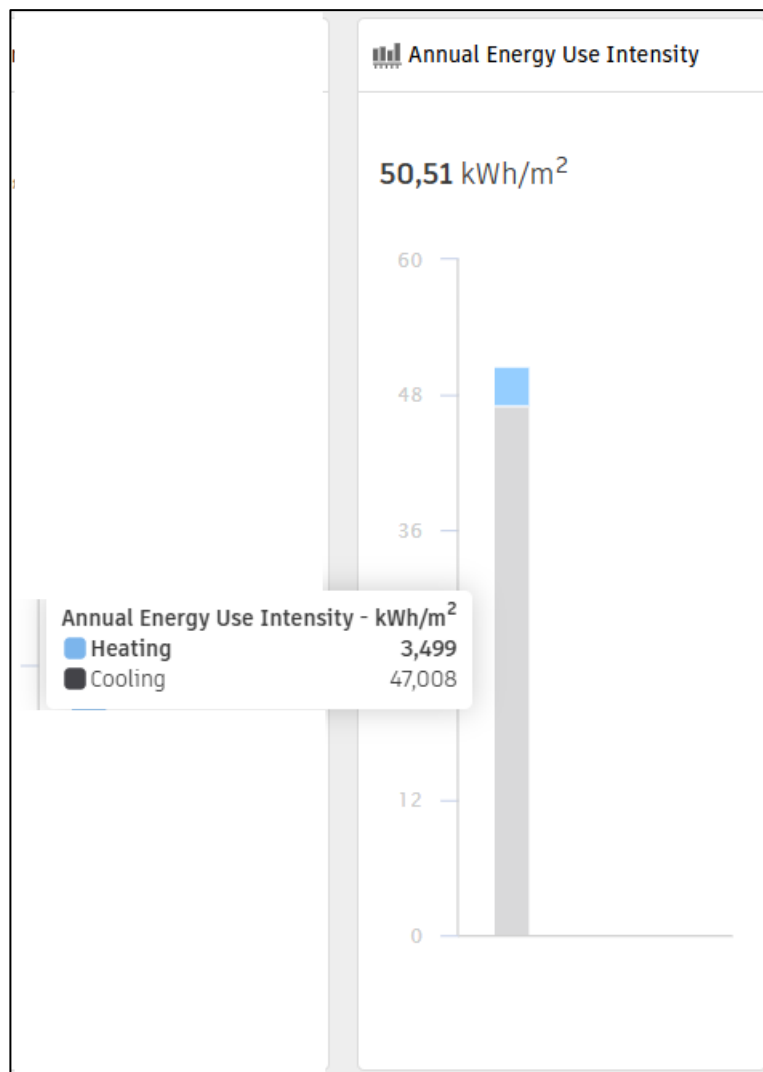


Fonte: autor (2025)

Conforme Figura 52, obteve-se uma carga de resfriamento de 163,536 kWh/m²/ano, consumo de energia primário de iluminação de 33,211 kWh/m²/ano e consumo de energia primário de equipamentos de 76,70 kWh/m²/ano e ainda uma carga de aquecimento de 1,36 kWh/m²/ano.

Cenário 04 – Simulação Modo “Ambientes ou Espaços” – Propriedades Térmicas “Conceituais” – Configuração “Tipo de Espaço” nativa:

Figura 53 – Resultados Insight – Cenário 04 – Espaços



Fonte: autor (2025)

Conforme Figura 53, obteve-se uma carga de resfriamento de 47,008 kWh/m²/ano e carga térmica de aquecimento de 3,499 kWh/m²/ano, não sendo apresentado resultados de consumo de energia primário de iluminação e consumo de energia primário de equipamentos.

4.4 Análise comparativa Autodesk Insight Carbon x Método Simplificado – Modos de Simulação

A seguir serão apresentados os comparativos dos primeiros resultados obtidos em relação as repostas obtidas no Método Simplificado da INI-C.

4.4.1 Comparativo consumo primário iluminação e equipamentos

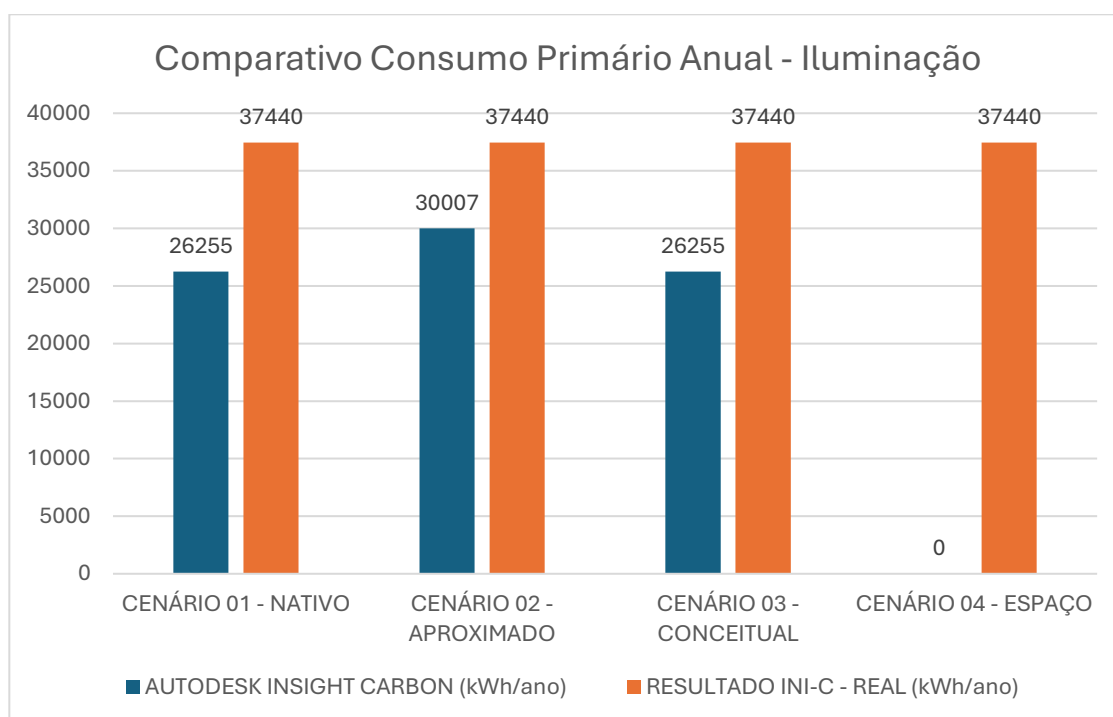
Quanto a iluminação é possível verificar no Quadro 32 e Figura 54, e equipamentos no Quadro 33 e Figura 55, os resultados obtidos para os diferentes modos de simulação:

Quadro 32 – Resultados – Modo de Simulação Insight Carbon x INI-C - Iluminação

	CENÁRIO 01 – NATIVO	CENÁRIO 02 - APROXIMADO	CENÁRIO 03 - CONCEITUAL	CENÁRIO 04 - ESPAÇO
AUTODESK INSIGHT CARBON (kWh/ano)	26255	30007	26255	-
RESULTADO INI-C - REAL (kWh/ano)	37440	37440	37440	37440
DIFERENÇA NUMÉRICA (kWh/ano)	11185	7433	11185	-
DIFERENÇA % INI-C REAL E INSIGHT CARBON	29,88%	19,85%	29,88%	-

Fonte: autor (2025)

Figura 54 – Resultados – Modo de Simulação Insight Carbon x INI-C - Iluminação



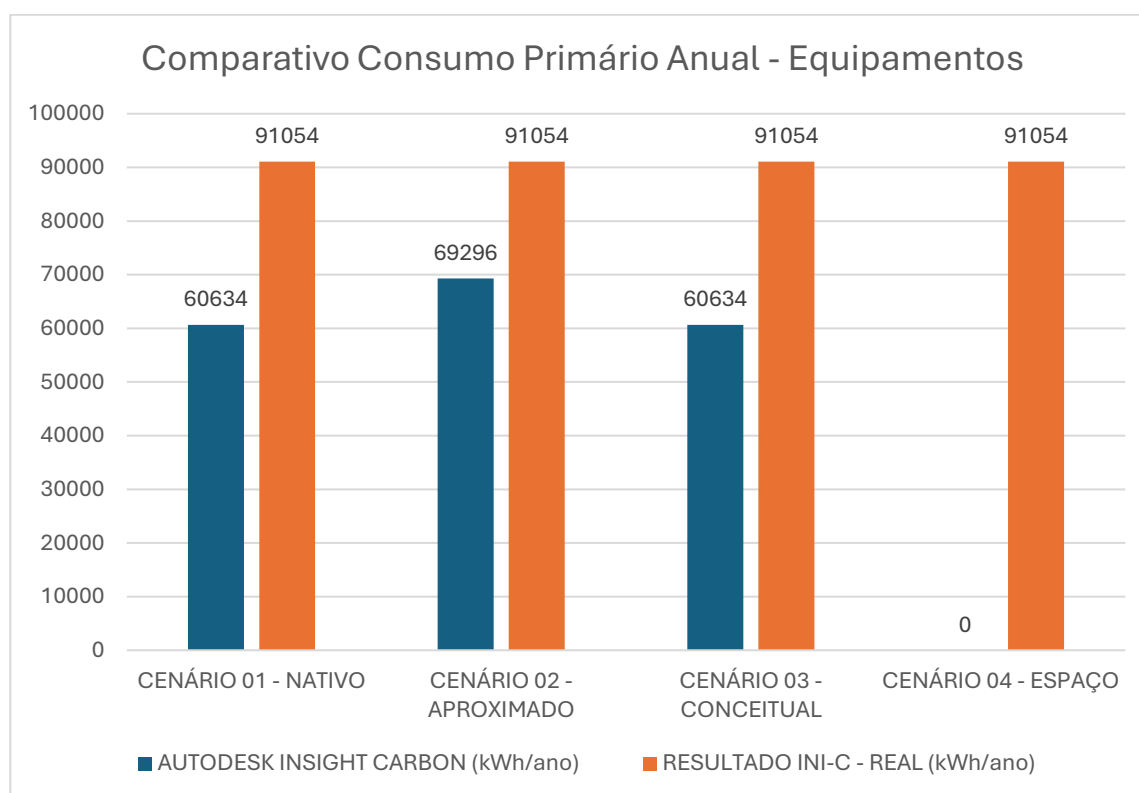
Fonte: autor (2025)

Quadro 33 – Resultados – Modo de Simulação Insight Carbon x INI-C – Equipamentos

	CENÁRIO 01 - NATIVO	CENÁRIO 02 - APROXIMADO	CENÁRIO 03 - CONCEITUAL	CENÁRIO 04 - ESPAÇO
AUTODESK INSIGHT CARBON (kWh/ano)	60634	69296	60634	-
RESULTADO INI-C - REAL (kWh/ano)	91054	91054	91054	91054
DIFERENÇA NUMÉRICA (kWh/ano)	30420	21758	30420	-
DIFERENÇA % INI-C REAL E INSIGHT CARBON	33,41%	23,90%	33,41%	-

Fonte: autor (2025)

Figura 55 – Resultados – Modo de Simulação Insight Carbon x INI-C - Equipamentos



Fonte: autor (2025)

Como é possível notar nos resultados apresentados acima, o Cenário 02 foi o que se obteve maior proximidade, ou seja, ao tentar aproximar a tabela de funcionamento de iluminação e potência (horas de utilização) para 12 horas/dia em 100% de funcionamento para se assemelhar ao configurado no método simplificado da INI-C foi quando se obteve

o melhor resultado, com uma variação de 19,85% para iluminação e 23,90% para equipamentos.

No Cenário 01 e Cenário 03, onde se utilizou os dados nativos do Autodesk Insight Carbon, obteve-se uma variação de 29,88% para iluminação e 33,41%, sendo um resultado intermediário.

Por último, no Cenário 04, após simulação, não se obteve resultados referente ao consumo primário de iluminação e equipamentos.

Em todos os cenários, é possível verificar uma grande diferença entre os resultados, não tendo nenhum se aproximado consideravelmente do resultado obtido na INI-C.

Vale ressaltar que no Autodesk Insight Carbon não foi possível configurar a quantidade de dias de utilização no ano, nem consultar o valor considerado para cálculo, sendo que na INI-C foram considerado apenas 300 dias, podendo este ser um dos motivos das diferenças.

4.4.2 Comparativo carga térmica de resfriamento

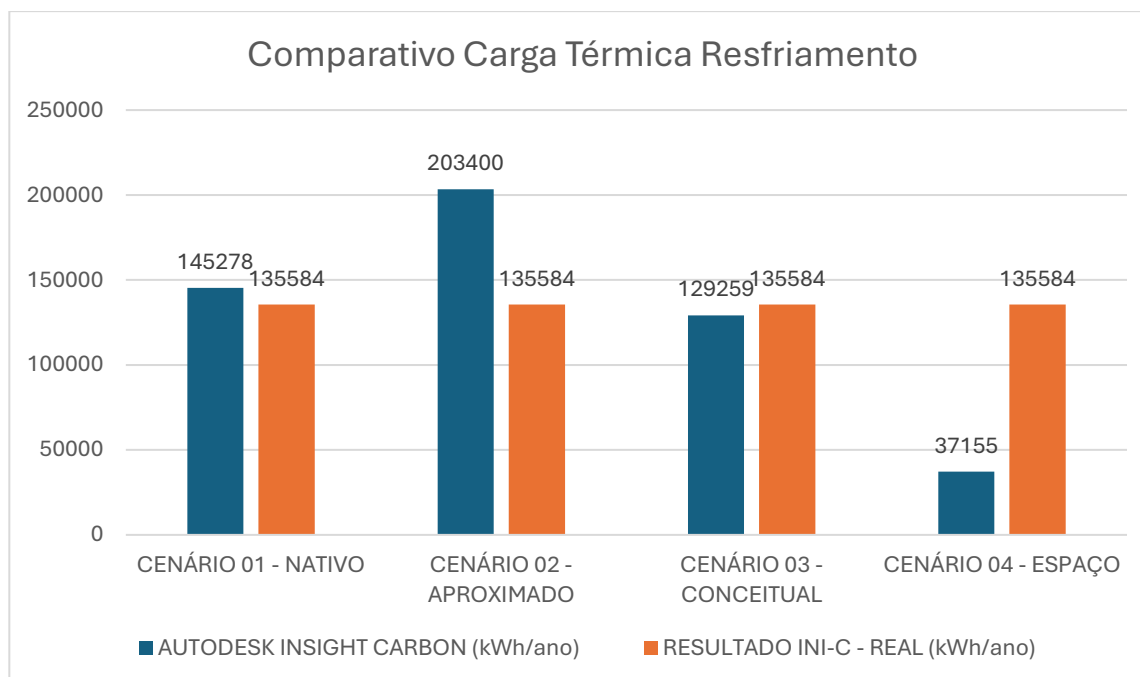
Quanto a carga térmica de resfriamento é possível verificar no Quadro 34 e Figura 56, os resultados obtidos para os diferentes modos de simulação:

Quadro 34 – Resultados – Modo de Simulação Insight Carbon x INI-C – Carga Térmica Resfriamento

	CENÁRIO 01 - NATIVO	CENÁRIO 02 - APROXIMADO	CENÁRIO 03 - CONCEITUAL	CENÁRIO 04 - ESPAÇO
AUTODESK INSIGHT CARBON (kWh/ano)	145278	203400	129259	37155
RESULTADO INI-C - REAL (kWh/ano)	135584	135584	135584	135584
DIFERENÇA NUMÉRICA (kWh/ano)	-9694	-67816	6325	98429
DIFERENÇA % INI-C REAL E INSIGHT CARBON	-7,15%	50,02%	4,67%	72,60%

Fonte: autor (2025)

Figura 56 – Resultados – Modo de Simulação Insight Carbon x INI-C - Carga Térmica Resfriamento



Fonte: autor (2025)

Como é possível notar nos resultados apresentados acima, o Cenário 03 - Conceitual foi o que se obteve maior proximidade, com uma variação de 4,67%, seguido do Cenário 01 – Elementos da Construção, com variação de 7,15%.

O Cenário 02 – Aproximado já apresentou uma maior divergência de 50,02% de variação, e por último, com resultado mais distante obteve-se o Cenário 4 – Espaço com 72,60% de diferença.

Para carga térmica de resfriamento, ao aproximar a tabela de funcionamento de iluminação, potência e ocupação (horas de utilização) para 12 horas/dia em 100% de funcionamento e ocupação (Cenário 02), para se assemelhar ao configurado no método simplificado da INI-C, obteve-se um resultado distante, divergindo dos resultados apresentados para iluminação e equipamentos.

Seguindo o apresentado para iluminação e equipamentos, o Cenário 04 obteve o pior resultado, estando em desacordo com o esperado.

Uma outra maneira de analisar esses resultados seria calculando a % de redução de carga comparada com a edificação referência do método simplificado da INI-C e suas respectivas etiquetas. Como apresentado no Quadro 35:

Quadro 35 – Resultados – Modo de Simulação Insight Carbon x INI-C – % de Redução Referência

	CENÁRIO 00 - INI-C	CENÁRIO 01 - INSIGHT - NATIVO	CENÁRIO 02 - INSIGHT - APROXIMADO	CENÁRIO 03 - INSIGHT CONCEITUAL	CENÁRIO 04 - INSIGHT ESPAÇO
RESULTADOS (kWh/ano)	135584	145278	203400	129259	37155
RESULTADO INI-C - EDIFICAÇÃO REFERÊNCIA - ETIQUETA "D" (kWh/ano)	220831	220831	220831	220831	220831
DIFERENÇA NUMÉRICA (kWh/ano)	85247	75553	17431	91572	183676
% DE REDUÇÃO CARGA DE RESFRIAMENTO (kWh/ano)	39%	34%	8%	41%	83%
ETIQUETA INI-C	A	A	C	A	A

Fonte: autor (2025)

Como apresentado no Quadro 35, os Cenários 01, 03 e 04, obteriam etiqueta “A”, igual a obtida na simulação pelo método simplificado da INI-C, vale ressaltar, que o Cenário 04 apresentou grande diferença dos demais, recebendo a mesma etiqueta apenas por ser uma redução maior, o que não caracteriza similaridade. Já o Cenário 02 obteriam uma etiqueta “C” se distinguindo do resultado obtido pelo método simplificado.

Entende-se que a variação obtida no Cenário 01 e 03 foram baixas comparadas ao método simplificado da INI-C, sendo válido o aprofundamento delas com novas simulações e alteração de variáveis como: absorvância, propriedades térmicas da envoltória, % de abertura e sombreamento, e orientação, para verificar se os resultados mantêm a tendência.

Vale ressaltar que no Autodesk Insight Carbon não foi possível configurar a quantidade de dias de utilização no ano, nem consultar o valor considerado para cálculo, sendo que na INI-C foram considerado apenas 300 dias, podendo este ser um dos motivos das diferenças.

Outro aspecto em aberto foi a taxa de ocupação ao longo do dia, onde no cenário nativo do Autodesk Insight Carbon é considerada uma proporcionalidade durante as horas do dia, enquanto no método simplificado da INI-C não é fornecida informação quanto a consideração de alguma proporcionalidade ou não de ocupação durante o dia.

4.5 Análise comparativa métodos – Variáveis

A seguir serão apresentados os comparativos das variáveis testadas para o Método Simplificado (Cenário 0), Autodesk Insight Carbon – Propriedades dos Elementos Construtivos (Cenário 1) e Autodesk Insight Carbon – Conceitual (Cenário 03).

4.5.1 Absortância – Parede Externa

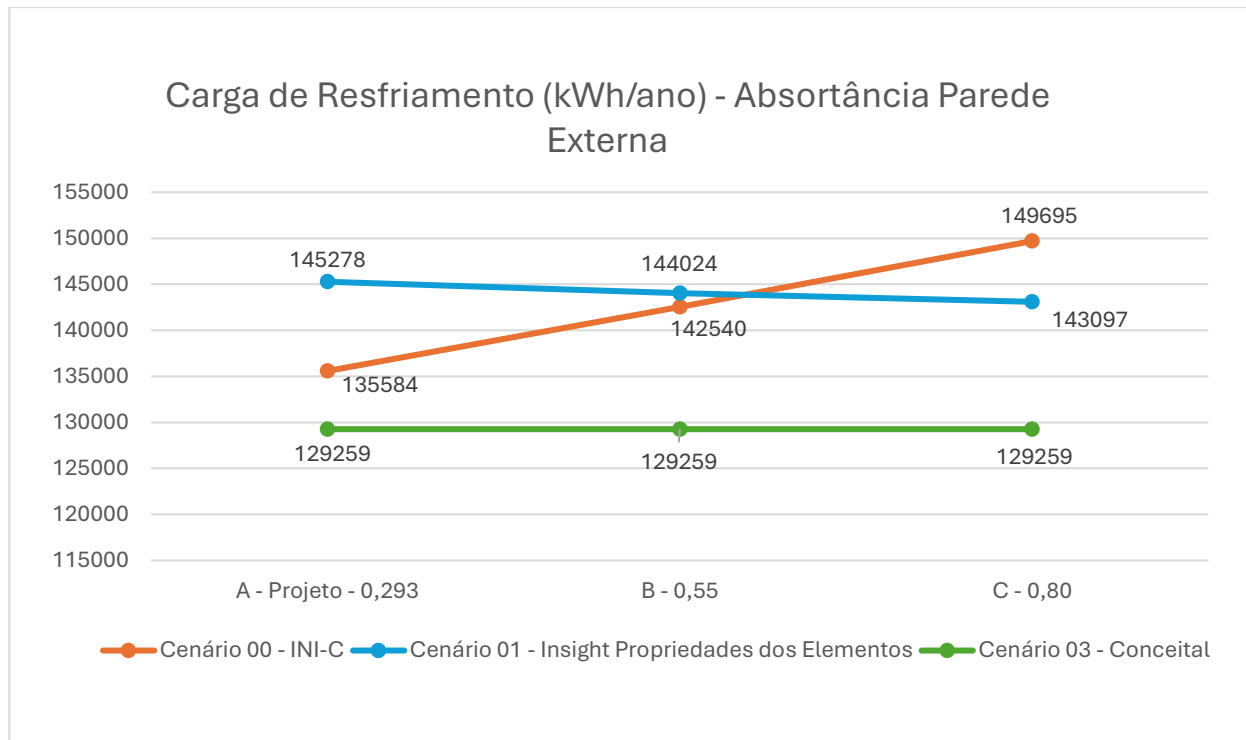
Os resultados obtidos para variação da absortância da parede externa, Variável A, B e C, estão apresentados no Quadro 36 e Figura 57:

Quadro 36 – Resultados – Absortância Parede Externa

Variável		Cenários					
		Cenário 0 - INI-C		Cenário 01 - Nativo		Cenário 03 - Conceitual	
ID	Descrição	Carga Térmica Resfriamento (kWh/ano)	% Variação em Relação ao Projeto	Carga Térmica Resfriamento (kWh/ano)	% Variação em Relação ao Projeto	Carga Térmica Resfriamento (kWh/ano)	% Variação em Relação ao Projeto
A	Projeto - Absortância Parede = 0,293	135584	0%	145278	0%	129259	0%
B	Absortância Parede = 0,55	142540	↑ 5,13%	144024	↓ 0,86%	129259	0%
C	Absortância Parede = 0,80	149695	↑ 10,41%	143097	↓ 1,50%	129259	0%

Fonte: autor (2025)

Figura 57 – Resultados – Absortância Parede Externa



Fonte: autor (2025)

Como expectativa de resultados, era aguardado que com o aumento da absorptância da parede externa, houvesse o aumento da carga térmica de resfriamento, visto que a edificação absorveria mais calor.

Essa tendência foi observada no Cenário 0 – INI-C, todavia, os resultados do Cenário1 – Insight Carbon Propriedades dos Elementos caminhou em direção oposta ocorrendo a redução da carga térmica de resfriamento.

Ainda observa-se que na absorptância de 0,55 foi quando os cenários 0 e 1 mais se aproximaram, visto que, por ser um valor intermediário, a inversão de leitura sobre absorptância do Insight Carbon teve um menor impacto. Esta pode ser uma pista de que valores medianos podem ter menor discrepância.

Quanto ao Cenário 03 – Insight Carbon Conceitual, não houve alteração, visto que esta é uma propriedade a qual não é possível configurar para este tipo de simulação.

4.5.2 Absortância – Cobertura

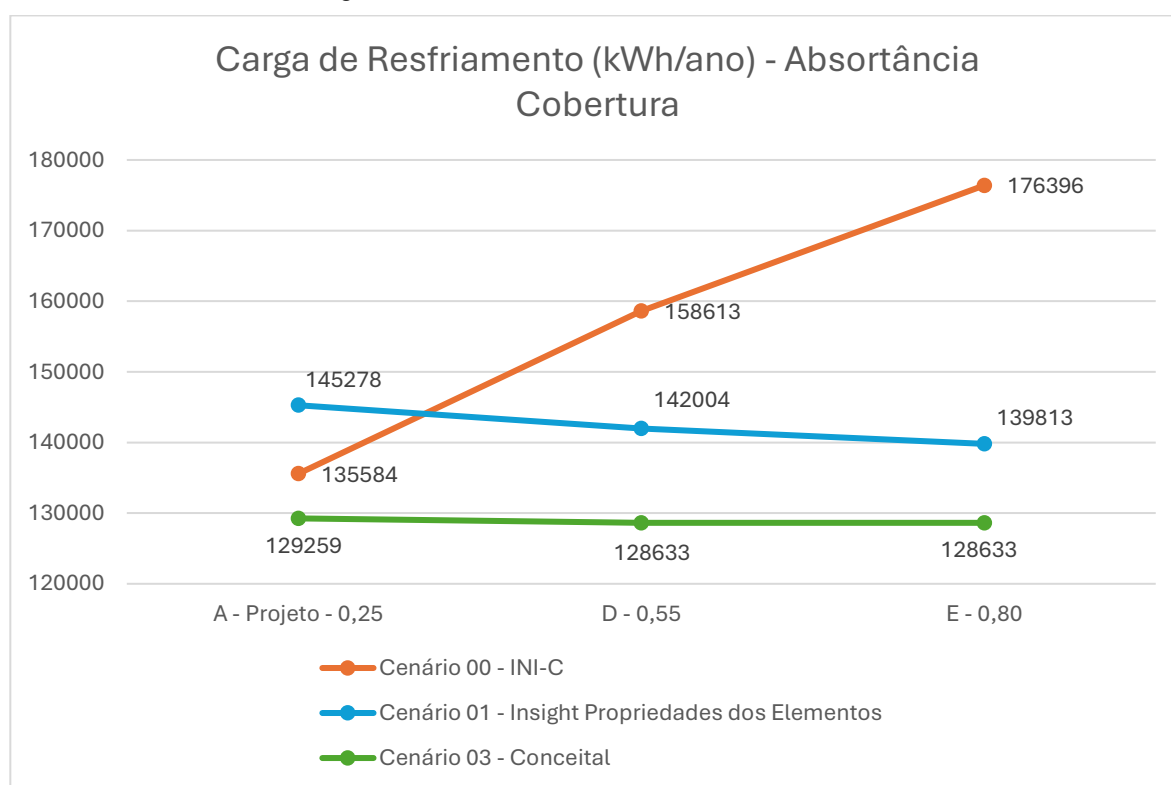
Os resultados obtidos para variação da absorptância da cobertura, Variável A, D e E, estão apresentados no Quadro 37 e Figura 58:

Quadro 37 – Resultados – Absortância Cobertura

Variável		Cenários					
		Cenário 0 - INI-C		Cenário 01 - Nativo		Cenário 03 - Conceitual	
ID	Descrição	Carga Térmica Resfriamento (kWh/ano)	% Variação em Relação ao Projeto	Carga Térmica Resfriamento (kWh/ano)	% Variação em Relação ao Projeto	Carga Térmica Resfriamento (kWh/ano)	% Variação em Relação ao Projeto
A	Projeto Absortância Cobertura = 0,25	135584	0%	145278	0%	129259	0%
D	Absortância Cobertura = 0,55	158613	↑16,99%	142004	↓2,25%	128633	↓0,48%
E	Absortância Cobertura = 0,80	176396	↑30,10%	139813	↓3,76%	128633	↓0,48%

Fonte: autor (2025)

Figura 58 – Resultados – Absortância Cobertura



Fonte: autor (2025)

Como expectativa de resultados, era aguardado que com o aumento da absortância da cobertura, houvesse o aumento da carga térmica de resfriamento, visto que a edificação absorveria mais calor.

Essa tendência foi observada no Cenário 0 – INI-C, todavia, os resultados do Cenário1 – Insight Carbon Propriedades dos Elementos foram em direção oposta ocorrendo a redução da carga térmica de resfriamento.

Observa-se que a absorvância da cobertura é uma variável muito mais sensível no Cenário 0 – INI-C, havendo uma variação em relação ao projeto de 30,10% para absorvância de 0,8, já para o Cenário 1 – Insight Carbon Propriedades dos Elementos a variação foi baixa, sendo de apenas 3,76%.

Quanto ao Cenário 03 – Insight Carbon Conceitual, houve uma alteração muito baixa, apenas 0,48% de variação, não condizente com a expectativa, diferente da parede no modelo conceitual é possível realizar alguma alteração referente a cor, porém, só existindo duas opções para telhado “frio” ou “escuro”.

Assim, a variável absorvância parece responder de forma diferente nos dois métodos. Nas paredes, no entanto, os valores medianos se aproximam. Esta é uma variável que pode apresentar problemas na hora da leitura do software de simulação na exportação Revit - EnergyPlus (interoperabilidade interna). Não há nada ainda na literatura, nem nos fóruns do próprio software que remeta a esse erro. Logo, é uma variável com diferentes resultados na qual o projetista não pode se apoiar.

4.5.3 Propriedades Térmicas – Paredes

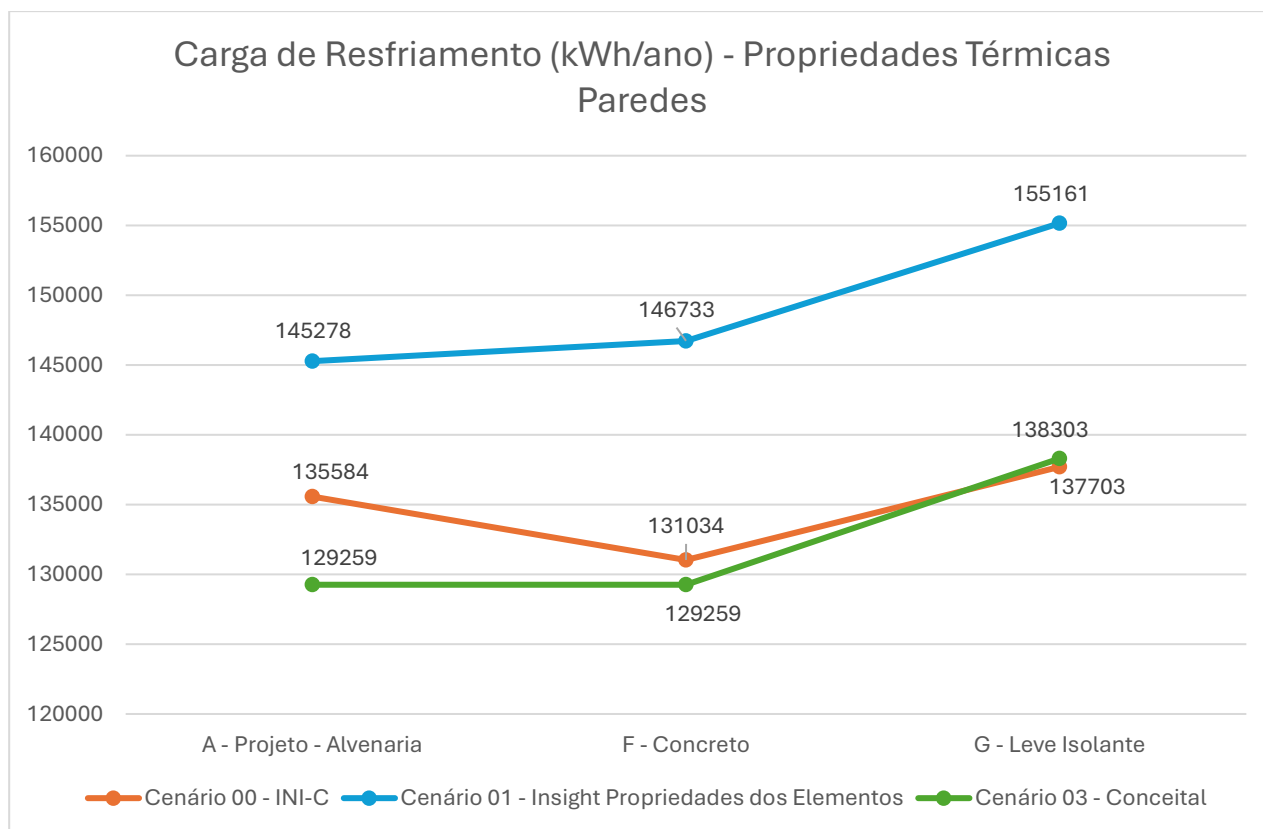
Os resultados obtidos para variação das propriedades térmicas das paredes, Variável A, F e G, estão apresentados no Quadro 38 e Figura 59:

Quadro 38 – Resultados – Propriedades Térmicas - Paredes

Variável		Cenários					
		Cenário 0 - INI-C		Cenário 01 - Nativo		Cenário 03 - Conceitual	
ID	Descrição	Carga Térmica Resfriamento (kWh/ano)	% Variação em Relação ao Projeto	Carga Térmica Resfriamento (kWh/ano)	% Variação em Relação ao Projeto	Carga Térmica Resfriamento (kWh/ano)	% Variação em Relação ao Projeto
A	Projeto - Parede Alvenaria	135584	0%	145278	0%	129259	0%
F	Propriedades Térmicas - Parede Concreto	131034	↓3,36%	146733	↑1,00%	129259	0%
G	Propriedades Térmicas - Parede Leve Isolante	137703	↑1,56%	155161	↑6,80%	138303	↑7,00%

Fonte: autor (2025)

Figura 59 – Resultados – Propriedades Térmicas - Paredes



Fonte: autor (2025)

Como expectativa de resultados, era aguardado que com o aumento da transmitância (Variável F), houvesse o aumento da carga térmica de resfriamento, visto que a parede transferiria mais calor para o interior, e com a redução da transmitância (Variável G), houvesse a redução da carga térmica de resfriamento. Essa tendência não foi observada em nenhum dos cenários. O que pode ter ocorrido é que a inércia térmica do concreto, no caso da INI-C, contribuiu para uma diminuição da carga térmica. Já na diminuição da transmitância, nos 3 casos houve um aumento da carga térmica de resfriamento, isso pode ter ocorrido devido ao excesso de isolamento térmico que aprisiona o calor no edifício.

O Cenário 0 – INI-C, reduziu a carga térmica de resfriamento ao aumentar a transmitância, e aumentou a carga térmica de resfriamento ao reduzir a transmitância, podendo ser influenciado pela consideração de ambiente totalmente climatizado. O Cenário1 – Insight Carbon Propriedades dos Elementos apontou aumento da carga térmica de resfriamento para ambas variações.

Quanto ao Cenário 03 – Insight Carbon Conceitual, não houve alteração para parede de concreto, visto que, as possibilidades de alterações classificaram alvenaria e concreto

em um mesmo tópicos de materiais pesados e sem isolamento, já para parede leve foi possível alterar a configuração para leve e com isolamento, tendo esta última variação apresentado um aumento da carga térmica de resfriamento.

4.5.4 Propriedades Térmicas – Cobertura

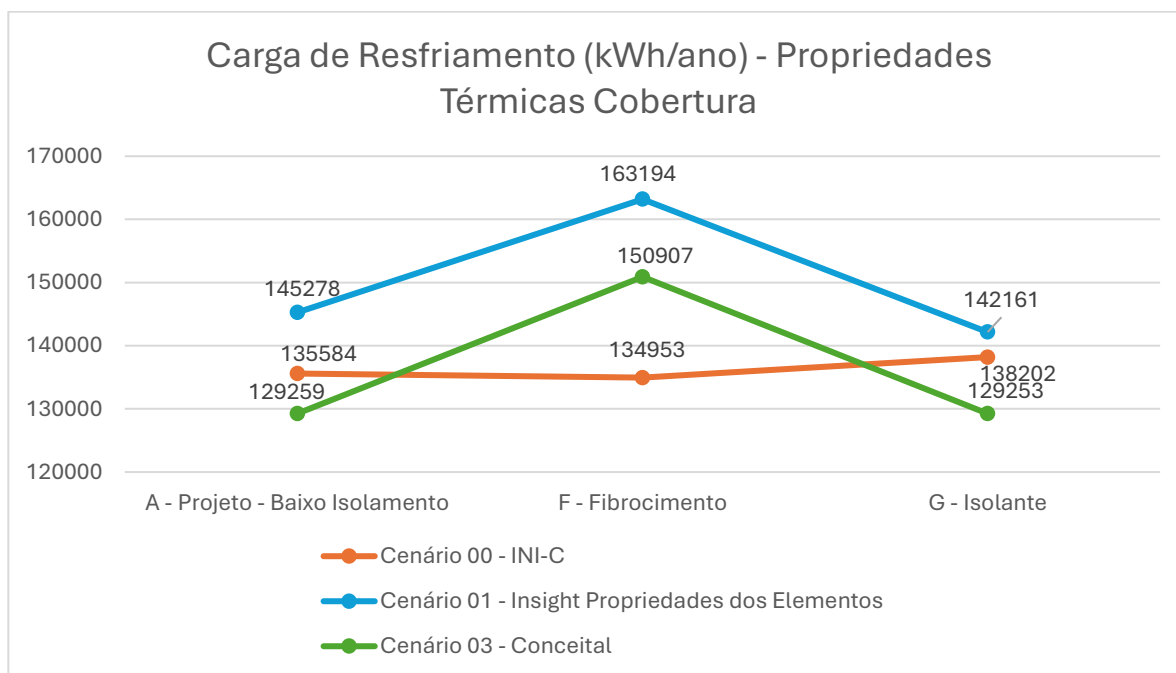
Os resultados obtidos para variação das propriedades térmicas da cobertura, Variável A, H e I, estão apresentados no Quadro 39 e Figura 60:

Quadro 39 – Resultados – Propriedades Térmicas - Cobertura

Variável		Cenários					
		Cenário 0 - INI-C		Cenário 01 - Nativo		Cenário 03 - Conceitual	
ID	Descrição	Carga Térmica Resfriamento (kWh/ano)	% Variação em Relação ao Projeto	Carga Térmica Resfriamento (kWh/ano)	% Variação em Relação ao Projeto	Carga Térmica Resfriamento (kWh/ano)	% Variação em Relação ao Projeto
A	Projeto - Parede Alvenaria	135584	0%	145278	0%	129259	0%
H	Propriedades Térmicas - Telha Fibrocimento	134953	↓0,47%	163194	↑12,33%	150907	↑16,75%
I	Propriedades Térmicas - Telha Isolante	138202	↑1,93%	142161	↓2,15%	129253	↓0,004%

Fonte: autor (2025)

Figura 60 – Resultados – Propriedades Térmicas - Cobertura



Fonte: autor (2025)

Como expectativa de resultados, era aguardado que com o aumento da transmitância (Variável H), houvesse o aumento da carga térmica de resfriamento, visto que a cobertura transferiria mais calor para o interior, e com a redução da transmitância (Variável I), houvesse a redução da carga térmica de resfriamento. Essa tendência foi observada nos Cenários 1– Insight Carbon Propriedades dos Elementos e 3 – Insight Carbon Conceitual.

O Cenário 0 – INI-C, reduziu a carga térmica de resfriamento ao aumentar a transmitância, e aumentou a carga térmica de resfriamento ao reduzir a transmitância, o inverso do esperado.

Vale ressaltar que no Cenário 3 – Insight Carbon Conceitual, houve redução da carga térmica de resfriamento para Variável G, porém, quase nula, sendo uma variação apenas de 0,004%.

Na variável transmitância pode-se observar que as variações da INI-C foram menores que as variações do Insight. Nas paredes todos os cenários seguiram a mesma lógica (tirando as paredes de concreto). Já na cobertura os dois cenários do Insight seguiram a mesma lógica, com valores distintos e a INI-C, na opção telha de fibrocimento parece ter tido um resultado inconsistente pois a transmitância desta telha é bem alta o que demandaria mais energia para a retirada deste calor.

4.5.5 Aberturas e Sombreamento

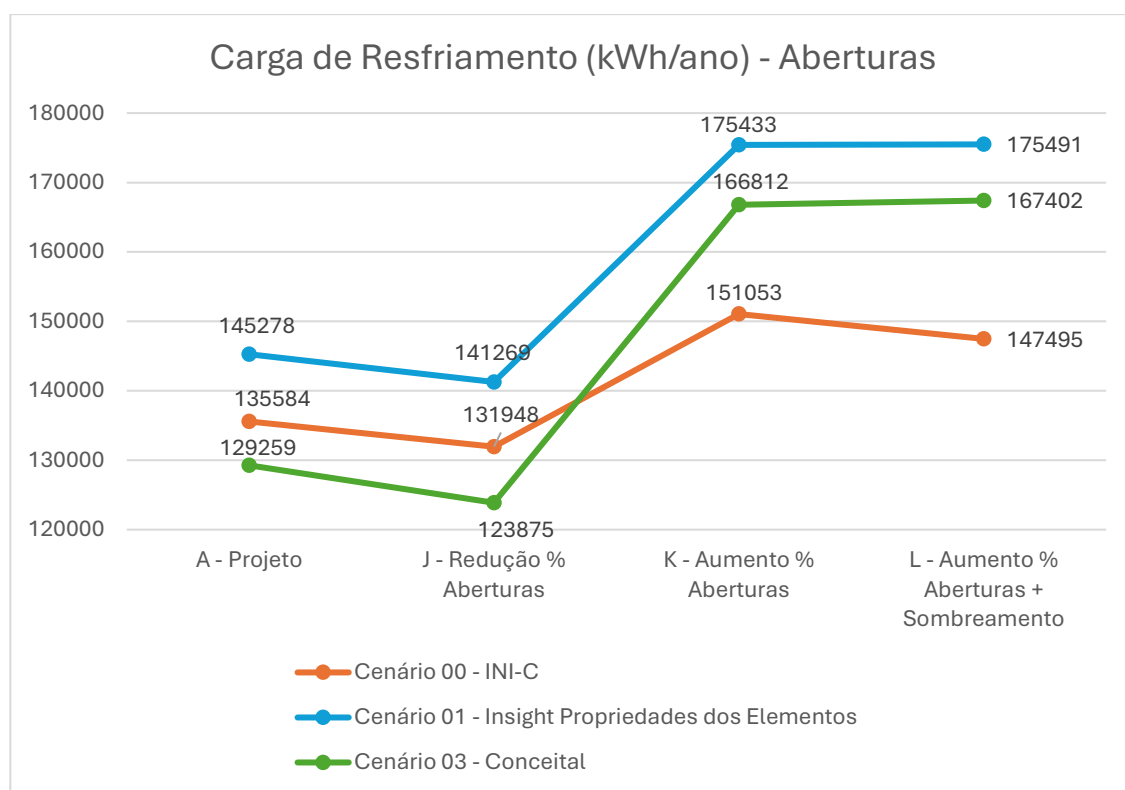
Os resultados obtidos para variação das aberturas, Variável A, J, K e L, estão apresentados no Quadro 40 e Figura 61:

Quadro 40 – Resultados – Aberturas e Sombreamento

Variável		Cenários					
		Cenário 0 - INI-C		Cenário 01 - Nativo		Cenário 03 - Conceitual	
ID	Descrição	Carga Térmica Resfriamento (kWh/ano)	% Variação em Relação ao Projeto	Carga Térmica Resfriamento (kWh/ano)	% Variação em Relação ao Projeto	Carga Térmica Resfriamento (kWh/ano)	% Variação em Relação ao Projeto
A	Projeto - Parede Alvenaria	135584	0%	145278	0%	129259	0%
J	% Abertura - Sem Abertura	131948	↓2,68%	141269	↓2,76%	123875	↓4,17%
K	% Abertura - Abertura Portas	151053	↑11,41%	175433	↑20,76%	166812	↑29,05%
L	% Abertura - Abertura Portas + AVS 21,04° Norte	147495	↑8,78%	175491	↑20,76%	167402	↑29,51%

Fonte: autor (2025)

Figura 61 – Resultados – Aberturas e Sombreamento



Fonte: autor (2025)

Como expectativa de resultados, era aguardado que com a redução da porcentagem de aberturas envidraçadas (Variável J), houvesse a redução da carga térmica de resfriamento, por reduzir a quantidade radiação solar incidente internamente à edificação, e ao aumentar a % de aberturas envidraçadas (Variável K), o efeito contrário, de aumento da carga térmica de resfriamento. Por último, considerando o aumento da porcentagem da abertura somado a um sombreamento da mesma (Variável L), esperava-se que a carga térmica de resfriamento fosse maior que a inicial, porém menor, que a anterior.

Essa tendência foi observada no Cenário 0 – INI-C, e parcialmente no Cenários 1– Insight Carbon Propriedades dos Elementos e 3 – Insight Carbon Conceitual, que ao alterar a porcentagem de abertura acompanharam o esperado, porém, ao sombrear a mesma, apresentaram um resultado contrário, e com baixa variação quando comparado ao modelo sem sombreamento.

Observa-se que a variável aberturas é mais sensível no Insight onde as variações de carga térmica são maiores, já a variável proteção solar tem uma pequena variação no Revit e uma influência maior nos resultados da INI-C. No entanto, nas três simulações a tendência foi semelhante.

4.5.6 Orientação da Edificação

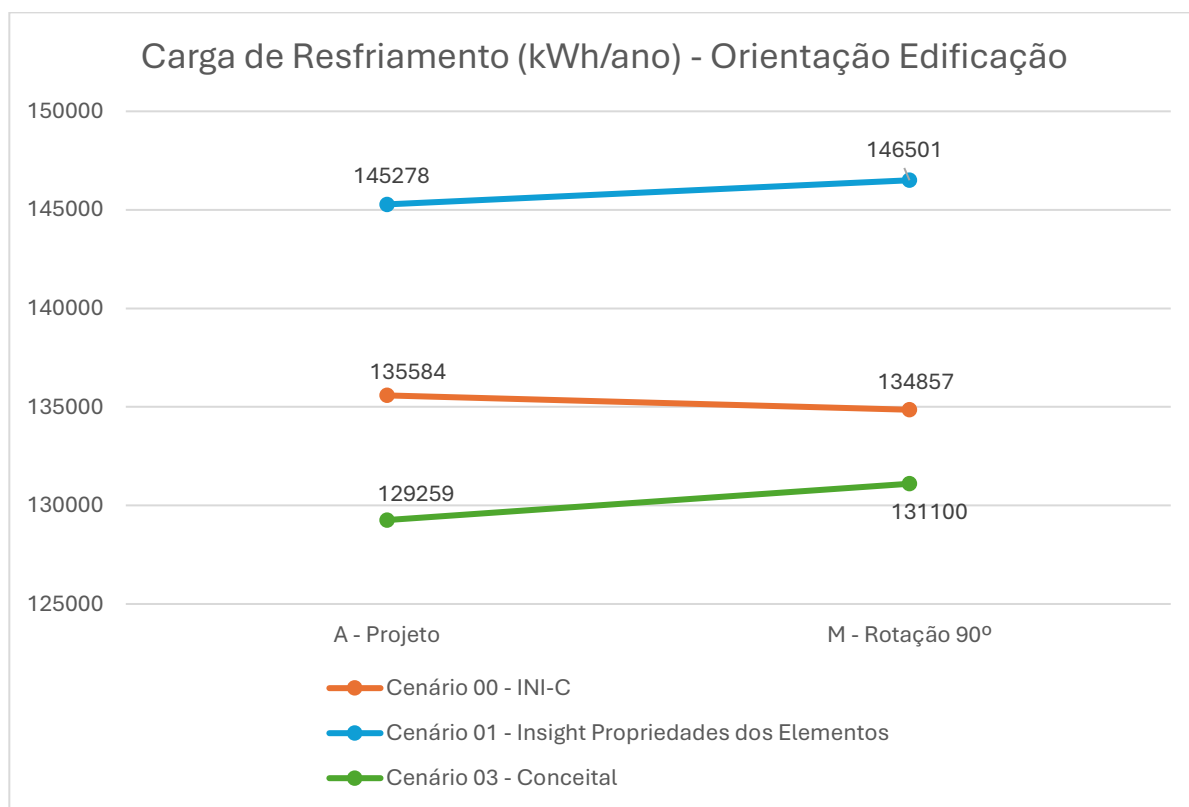
Os resultados obtidos para orientação da edificação, Variável A e M, estão apresentados no Quadro 41 e Figura 62:

Quadro 41 – Resultados – Orientação da Edificação

Variável		Cenários					
		Cenário 0 - INI-C		Cenário 01 - Nativo		Cenário 03 - Conceitual	
ID	Descrição	Carga Térmica Resfriamento (kWh/ano)	% Variação em Relação ao Projeto	Carga Térmica Resfriamento (kWh/ano)	% Variação em Relação ao Projeto	Carga Térmica Resfriamento (kWh/ano)	% Variação em Relação ao Projeto
A	Projeto - Parede Alvenaria	135584	0%	145278	0%	129259	0%
M	Orientação - Rotação Horária 90°	134857	↓0,54%	146501	↑0,84%	131100	↑1,42%

Fonte: autor (2025)

Figura 62 – Resultados – Orientação da Edificação



Fonte: autor (2025)

Nestas simulações a rotação fez com que as maiores fachadas ficassem para leste e oeste.

No Cenário 0 – INI-C, houve uma leve redução de 0,54% da carga térmica de resfriamento, já no Cenário 1– Insight Carbon Propriedades dos Elementos houve um leve

aumento de 0,84%, e no Cenário e 3 – Insight Carbon Conceitual também houve leve aumento de 1,42%.

Considerando que a porcentagem de abertura exposta ao sol, é uma variável muito mais sensível ao Insight Carbon do que a INI-C, como visto na análise de aberturas, uma maior exposição de janelas na nova rotação poderia explicar essa diferença de aumento para o Insight e redução para INI-C.

De modo geral, essa foi a variável de menor impacto, considerando que nos três cenários a variação foi baixa.

4.5.7 Análise Geral das Variáveis

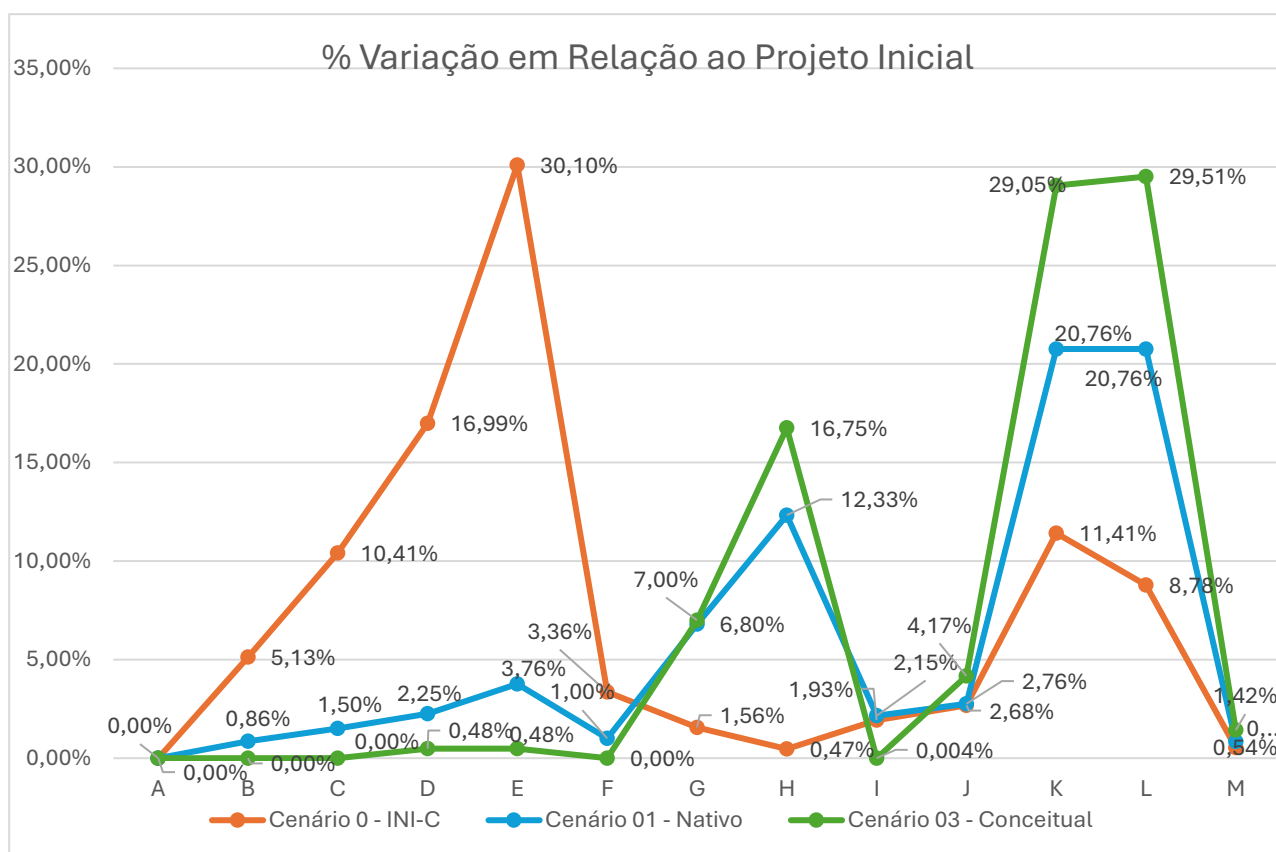
Analisando todas as simulações pode-se chegar observar simetrias ou assimetrias entre os cenários, conforme Quadro 42 e Figura 63:

Quadro 42 – Simetrias e Assimetrias - Resultados

Variável		% Variação em Relação ao Projeto		
ID	Descrição	Cenário 0 - INI-C	Cenário 01 - Nativo	Cenário 03 - Conceitual
A	Projeto	-	-	-
B	Absortância Parede = 0,55	↑ 5,13%	↓ 0,86%	0%
C	Absortância Parede = 0,80	↑ 10,41%	↓ 1,50%	0%
D	Absortância Cobertura = 0,55	↑ 16,99%	↓ 2,25%	↓ 0,48%
E	Absortância Cobertura = 0,80	↑ 30,10%	↓ 3,76%	↓ 0,48%
F	Propriedades Térmicas - Parede Concreto	↓ 3,36%	↑ 1,00%	0%
G	Propriedades Térmicas - Parede Leve Isolante	↑ 1,56%	↑ 6,80%	↑ 7,00%
H	Propriedades Térmicas - Telha Fibrocimento	↓ 0,47%	↑ 12,33%	↑ 16,75%
I	Propriedades Térmicas - Telha Isolante	↑ 1,93%	↓ 2,15%	↓ 0,004%
J	% Abertura - Sem Abertura	↓ 2,68%	↓ 2,76%	↓ 4,17%
K	% Abertura - Abertura Portas	↑ 11,41%	↑ 20,76%	↑ 29,05%
L	% Abertura - Abertura Portas + AVS 21,04° Norte	↑ 8,78%	↑ 20,76%	↑ 29,51%
M	Orientação - Rotação Horária 90°	↓ 0,54%	↑ 0,84%	↑ 1,42%

Fonte: autor (2025)

Figura 63 – Simetrias e Assimetrias - Resultados



Observa-se que não há simetria entre as simulações realizadas através do Método Simplificado da INI-C e as simulações realizadas através do Autodesk Insight Carbon, sendo que em 8 das 12 alterações de projeto indicaram até mesmo sinais invertidos, ou seja, enquanto um apresentava redução o outro aumento, e vice e versa.

Já quanto as simulações realizadas no Autodesk Insight Carbon, seja pelo modo de propriedades de elementos ou conceitual, quando possível a alteração, mantiveram sempre a mesma resposta quanto a redução ou aumento da carga térmica de resfriamento. Vale ressaltar que em 10 das 12 alterações de projeto a diferença de variação em relação ao projeto inicial entre os modos foi menor do que 5% como visto no Quadro 42.

Quanto a valores numéricos, os três cenários divergem consideravelmente entre si, no Quadro 43 abaixo, é possível visualizar a diferença percentual da simulação das diversas variáveis realizadas no Autodesk Insight Carbon em comparação com os resultados obtidos nas simulações do Método Simplificado da INI-C. As células em verde são as mais próximas à INI-C.

Quadro 43 – Diferença Resultados % Insight Carbon e INI-C

Variável	Descrição	Cenário 01 - Propriedades dos Elementos	Cenário 03 - Conceitual	Cenário mais Próximo da INI-C
A	Projeto	7,15%	4,67%	Cenário 03
B	Absortância Parede = 0,55	1,04%	9,32%	Cenário 01
C	Absortância Parede = 0,80	4,41%	13,65%	Cenário 01
D	Absortância Cobertura = 0,55	10,47%	18,90%	Cenário 01
E	Absortância Cobertura = 0,80	20,74%	27,08%	Cenário 01
F	Propriedades Térmicas - Parede Concreto	11,98%	1,35%	Cenário 03
G	Propriedades Térmicas - Parede Leve Isolante	12,68%	0,44%	Cenário 03
H	Propriedades Térmicas - Telha Fibrocimento	20,93%	11,82%	Cenário 03
I	Propriedades Térmicas - Telha Isolante	2,86%	6,48%	Cenário 01
J	% Abertura - Sem Abertura	7,06%	6,12%	Cenário 03
K	% Abertura - Abertura Portas	16,14%	10,43%	Cenário 03
L	% Abertura - Abertura Portas + AVS 21,04°	18,98%	13,50%	Cenário 03
M	Orientação - Rotação 90°	8,63%	2,79%	Cenário 03
	MÉDIA	11,01%	9,73%	Cenário 03
	MEDIANA	10,74%	9,53%	Cenário 03

Fonte: autor (2025)

Como apresentado no Quadro 43, o Cenário 3 – Conceitual é o que mais vezes se assemelha ao Método Simplificado da INI-C, sendo 8 das 13 simulações, ao calcular a média e mediana da variação, também se manteve como o cenário mais próximo, sendo respectivamente 9,73% e 9,53%, já o Cenário 1 – Insight Carbon Propriedades dos Elementos apresentou média de 10,74% e mediana de 9,73%, obtendo-se resultados próximos.

Vale ressaltar que a proximidade verificada inicialmente entre o Cenário 1 e 3 com relação ao método simplificado da INI-C com base no projeto original não se manteve constante para todas as simulações, como verificado pela média e mediana, chegando até 20,93% de variação para Variável H do Cenário 1, e 27,08% de variação para Variável E do Cenário 3.

Observa-se em outras pesquisas que comparam softwares como em Zhu et al (2013) que dependendo de como os valores são inseridos ou do próprio motor de cálculo do software, valores de carga térmica de resfriamento podem variar de 10 a 35%.

Outra análise possível é quanto o atendimento ou não da expectativa de resultado para cada modo de simulação, considerando o conhecimento prévio do comportamento térmico da edificação baseado nas variáveis, conforme apresentado no Quadro 44:

Quadro 44 – Atendimento de Expectativa

Variável		Atendeu as expectativas de resultado (aumento ou redução)?		
		Cenário 0 - INI-C	Cenário 01 - Nativo	Cenário 03 - Conceitual
ID	Descrição			
A	Projeto	Sem conhecimento prévio para avaliar	Sem conhecimento prévio para avaliar	Sem conhecimento prévio para avaliar
B	Absortância Parede = 0,55	Sim	Não	Não foi possível avaliar
C	Absortância Parede = 0,80	Sim	Não	Não foi possível avaliar
D	Absortância Cobertura = 0,55	Sim	Não	Não
E	Absortância Cobertura = 0,80	Sim	Não	Não
F	Propriedades Térmicas - Parede Concreto	Não	Sim	Não foi possível avaliar
G	Propriedades Térmicas - Parede Leve Isolante	Não	Não	Não
H	Propriedades Térmicas - Telha Fibrocimento	Não	Sim	Sim
I	Propriedades Térmicas - Telha Isolante	Não	Sim	Sim
J	% Abertura - Sem Abertura	Sim	Sim	Sim
K	% Abertura - Abertura Portas	Sim	Sim	Sim
L	% Abertura - Abertura Portas + AVS 21,04° Norte	Sim	Não	Não
M	Orientação - Rotação Horária 90°	Sem conhecimento prévio para avaliar	Sem conhecimento prévio para avaliar	Sem conhecimento prévio para avaliar

Fonte: autor (2025)

Para análise do Quadro 44 não está sendo considerado valores numéricos, mas atendimento ou não da expectativa quanto a aumento ou redução da carga térmica de resfriamento.

Assim sendo, nenhum cenário atendeu 100% as expectativas, mas o que mais atendeu foi o Método Simplificado da INI-C, apresentando apenas resultados divergentes quando referentes as propriedades térmicas dos materiais. Durante a pesquisa foi testado também a planilha exemplo disponibilizada pelo PBE Edifica responsável pela simulação, e ao alterar a transmitância, aumentando a mesma, também houve a mesma resposta de redução da carga térmica de resfriamento. Desta forma, entende-se que todos os resultados obtidos através do método simplificado da INI-C podem estar comprometidos por uma falha de simulação do método quanto a interpretação das propriedades térmicas dos materiais dos elementos do modelo.

Por sua vez, o Autodesk Insight Carbon apresentou maior coerência nos resultados obtidos das variáveis de transmitâncias térmicas, com exceção da parede leve isolante. Porém, quanto a absorvância e sombreamento, ambas relacionadas a incidência e absorção solar da fachada da edificação, houve quebra da expectativa e considerável variação contrária ao esperado. Essa interpretação incorreta dessas variáveis, assim como mencionado para INI-C compromete diretamente a confiabilidade nos resultados das simulações.

5 CONCLUSÃO

Compreendendo a importância da eficiência energética das edificações e dos esforços globais para atingir práticas mais sustentáveis, que implicam em um menor consumo energético e dependem diretamente da performance dos edifícios, torna-se fundamental antecipar decisões de projeto que impactam significativamente esse desempenho. No contexto do BIM, essas escolhas ocorrem majoritariamente nas fases iniciais do processo, quando o potencial de influência é maior. Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo analisar a aplicabilidade da ferramenta de simulação energética Autodesk Insight Carbon Analysis/Revit como suporte à tomada de decisões nas etapas iniciais do projeto, com foco na melhoria da eficiência energética.

Assim, definiu-se o objeto de estudo, um galpão com cinco salões comerciais, realizado pelo escritório de projetos Projetek. Através desse foi realizada uma análise das características da edificação, como também uma entrevista exploratória do escritório e o conhecimento prévio dos participantes sobre seus processos de trabalho e eficiência energética.

Tendo caracterizado o objeto de estudo, utilizou-se do método simplificado da INI-C como parâmetro comparativo. Este é um método 100% brasileiro, que parte de uma grande base de dados de simulações e pretende fornecer resultados robustos (caixa preta). Em seguida utilizou-se do Autodesk Insight Carbon, acoplado ao Revit, que faz suas simulações na nuvem utilizando como motor de cálculo o software EnergyPlus (caixa branca).

Ao realizar-se quatro simulações no Autodesk Insight Carbon, para métodos distintos de simulação: dados nativos da Autodesk considerando as propriedades térmicas dos elementos construtivos modelados (Cenário 1), dados alterados da Autodesk com base na referência INI-C e propriedades térmicas dos elementos construtivos modelados (Cenário 2), dados nativos da Autodesk considerando as propriedades conceituais dos elementos construtivos (Cenário 3), e configurações de espaço (Cenário 4), obteve-se resultados próximos à INI-C para o Cenário 1 e 3, e totalmente distintos para o Cenário 2 e 4.

Assim, continuaram-se os testes alterando diversas variáveis do Cenário 0, 1 e 3, como absorvância das paredes e cobertura, propriedades térmicas das paredes e cobertura, % de aberturas e sombreamento, e orientação da edificação.

Ao final das simulações pode-se concluir que para um edifício com características medianas de transmitância e absorptância (próximo a um edifício convencional) os valores da carga térmica de resfriamento dos três métodos se aproximam bastante.

A orientação do edifício não alterou de forma relevante as cargas de resfriamento em nenhum dos métodos, aproximando-os nesta variável. No que concerne às aberturas e proteções solares, os valores não se aproximam, no entanto as tendências sim.

Também foram realizadas simulações quanto o consumo de energia primário de iluminação e equipamento, não se encontrando resultados próximos ao do método simplificado da INI-C, possivelmente por uma incompatibilidade de configuração de dias de utilização no ano no Autodesk Insight Carbon, e o não conhecimento da utilização ou não de um fator de proporcionalidade das iluminações e equipamentos por parte da INI-C, e existente no Insight Carbon.

Pode-se perceber, portanto, que o Insight pode ser utilizado para verificações de edifícios padrão. É possível também verificar a influencia das aberturas e das proteções solares, embora seja necessário um maior aprofundamento nestes temas variando mais aberturas e colocando outros tipos de proteção solar.

Dentro de uma proximidade, o Cenário 3 foi o que se aproximou mais vezes do Cenário 0, sendo acompanhado de perto pelo Cenário 1. Por ser um cenário conceitual, o Cenário 3 exige menores configurações do modelo BIM, o que simplifica o processo de análise do projetista, ao mesmo tempo que limita as suas possibilidades de configurações. Todavia, para uma análise mais rápida, se mostrou similar e na maioria das vezes com resposta até superior em termos de proximidade do que o Cenário 1 com maior detalhamento.

Todos os cenários, em algum momento, apresentaram inconsistências de resultados considerando as variáveis alteradas. Isso se deve a própria diferença de métodos, um caixa branca e o outro caixa preta. Retomando o aforismo de George Box citado na Introdução: “todos os modelos estão errados, alguns são úteis”, é importante que as ferramentas de simulação energética estejam acopladas aos softwares BIM, para auxiliarem principalmente no início do projeto. Tem-se claro, no entanto, que estas ferramentas são limitadas e que precisam de aprimoramento.

É importante salientar que ambas as ferramentas tem pouquíssimos trabalhos de calibração com edifícios reais, principalmente a ferramenta do Revit, pois surgiu em abril de 2025. Alguns trabalhos fizeram a comparação por meio do método de simulação e o

método simplificado da INI-C e apontam algumas inconsistências, mas como esta também surgiu recentemente, em 2022, não há resultados robustos. Conforme citado na introdução deste trabalho, um trabalho realizado na versão anterior chega a conclusões semelhantes a esta pesquisa.

Vale ressaltar também que tanto o método simplificado da INI-C com sua planilha modelo, quanto o Autodesk Insight Carbon estão em constante atualização das suas versões, sendo que durante a elaboração da pesquisa ambos sofreram uma ou mais alterações significativas, e que os resultados obtidos revelam um recorte momentâneo sobre as ferramentas, que tendem a seguir em constante melhoria.

Recomenda-se para futuros trabalhos que seja testado novamente o método simplificado da INI-C e do Autodesk Insight Carbon, como também o método por simulação da INI-C. Seria interessante que se explorassem diferentes volumetrias (uma vez que neste trabalho verificou-se uma limitação quanto ao uso do pé-direto variável), diferentes % de aberturas e ângulos de proteção solar, elementos importantes nas fases iniciais de projeto.

Acréscita-se ainda, que ambas as ferramentas, não foram intuitivas e de fácil utilização durante a pesquisa, do ponto de vista do pesquisador, e a análise dos resultados necessitou de um conhecimento prévio sobre eficiência energética. Vale aqui lembrar das conclusões sobre a investigação dentro do escritório de arquitetura realizada no início desta pesquisa. Foi possível verificar a falta de domínio sobre conceitos térmicos e de eficiência, e a ausência de um estudo da eficiência energética dos projetos do Projeck. Aliado a isso, um excesso de demandas, custos e outras variáveis já citadas, tornam importantíssimo que a simulação seja desenvolvida dentro do software de trabalho, para que desta forma os arquitetos possam testar suas soluções de forma ágil.

Assim, a utilização do método simplificado da INI-C ou do Autodesk Insight Carbon por arquitetos ou estudantes sem conhecimentos básicos de eficiência energética, ao invés de auxiliar, podem induzir ao erro, devido a inconsistência dos resultados comentados.

Por fim, conclui-se que o objetivo de analisar a aplicabilidade da ferramenta de simulação energética Autodesk Insight Carbon Analysis/Revit foi atingido, sendo recomendado o uso com cautela da ferramenta, uma vez que apresentou resultados divergentes em relação à ferramenta brasileira.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução normativa ANEEL nº 1.000**. Brasília, 2021. 306 p.

ARNAL, Ignasi Pérez. Why don't we start at the beginning? **The Basics of a Project: Lean Planning and Pre-Construction**, BIM News Last trends of the AECO sector, BIM Community, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15220. Partes 1, 2 e 3. Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 16636. Parte 2. Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos**. Rio de Janeiro, 2017.

ATTIA, S.; GRATIA, E.; HERDE, A.; HENSEN, J.L.M. Simulation-based decision support tool for early stages of zero-energy building design. **Energy and Buildings**, [s.l.], v. 49, p. 2-15, jun. 2012.

AUTODESK. **Details relevant to Autodesk Insight entitlement change for all Autodesk Revit and FormIt users**. [s.l.], 2024. Disponível em: <<https://www.autodesk.com/support/technical/article/caas/tsarticles/ts/5gIBXSFqOZgJz8ShDkDg2I.html>>. Acesso em: 02 dez. 2024

BANCO ENERGÉTICO NACIONAL - BEN. Relatório síntese 2025, ano base 2024. **Empresa de Pesquisa Energética**. Brasília, 2025. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-885/topico-767/BEN_S%C3%ADntese_2025_PT.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2025.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Estratégias bioclimáticas. **Projeteee**. Brasília, 2023. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/projeteee/estrategias-bioclimaticas/>>. Acesso em: 27 abr. 2023

BRASIL. **Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020**. Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling - Estratégia BIM BR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Brasília, 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10306.htm. Acesso em: 13 out. 2022.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO – CBIC. Fundamentos BIM - Parte 1: **Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**. Brasília: CBIC, 2016.124p.

CARMO, Thaís Marina Bastos. **Análise exploratória do Autodesk Insight como ferramenta no auxílio da eficiência energética em projetos para AEC**. 2022. 70 f. Monografia submetida ao Curso de Especialização em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos da Escola de Arquitetura – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Minas Gerais, 2022.

DONN, M. Simulation and the building performance gap. **Buildings and Cities**. v.6, 713-128, 2025.

DORNELLES, Kelen Almeida. Absortância solar de superfícies opacas: **métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA**. 2008. 160f. Tese submetida ao Curso de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

EMBRAPA. **Embrapa**. Brasília, 2025. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/>>. Acesso em: 21 nov. 2025

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Nota técnica EPE 030/2018**: uso de ar-condicionado no setor residencial brasileiro: perspectivas e contribuições para o avanço em eficiência. Brasília, 2018. 43 p.

ENERGYPLUS. **EnergyPlus**. Golden, 2025. Disponível em: <<https://energyplus.net/>>. Acesso em: 21 nov. 2025

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S.R. **Manual do Conforto Térmico**. 5o edição. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GHISI, E.; BAVARESCO, M.; SILVESTRE, A. G. C. Avaliação do comportamento de usuários em escritórios compartilhados em Florianópolis: estudo de caso sobre janelas, luminárias e aparelhos de ar-condicionado. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 24, e132319, p. 1-32, jan./dez. 2024.

GOZALEZ, Jorge; SOARES, Carlos Alberto Pereira; NAJJAR, Mohammad; HADDAD, Assed N. BIM and BEM methodologies integration in energy-efficient buildings using experimental design. **Buildings**, [s.l.], 2-28, 2021.

GROSSMAN, Yan E. Method of automatic choice of required detailing in BEM model. **ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences**, v.13(4), 1453-1457, 2018.

GUNAY, B.; SHEN, W.; NEWSHAM, G. Inverse blackbox modeling of the heating and cooling load in office buildings. **Energy Build**, v.142, 200-210, 2017.

HAMDAOUI, M.-A.; BENZAAMA, M.-H.; EL MENDILI, Y.; CHATEIGNER, D. A review on physical and data-driven modeling of buildings hygrothermal behavior: Models, approaches and simulation tools. **Energy Build**. v.251, 2021.

HONG, T.; FAN, S. Probabilistic electric load forecasting: A tutorial review. **International Journal of Forecasting**, [s.l.], v.32(3), 914-938, 2015.

INSTITUO NACIONAL DE METERELOGIA – INMET. **Ano de 2023 é o mais quente da história, confirma relatório da OMM**. Brasília, 2024. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/noticias/ano-de-2023-%C3%A9-o-mais-quente-da-hist%C3%B3ria-confirma-relat%C3%B3rio-da-omm#:~:text=O%20relat%C3%B3rio%20da%20OMM%20confirmou,linha%20de%20base%20pr%C3%A9%2Dindustrial.>>>. Acesso em: 22 out. 2024

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. INI Comercial: **Instrução Normativa do Inmeto para Edificações Comerciais, de Serviço e Públicas**. Brasília, 2022. 125 p.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **Behavioural Changes**. Paris, 2023. Disponível em: <<https://www.iea.org/energy-system/energy-efficiency-and-demand/behavioural-changes#tracking>>. Acesso em: 27 mar. 2025

IPSEN, K; PIZZOL, M.; BIRKVED, M.; How Lack of Knowledge and Tools Hinders the Eco-Design of Buildings – A Systematic Review. **Urban Science**, Basel, v. 5, p. 1-23, feb. 2021.

ISORECORT. **Núcleos em EPS para telhas termoacústicas**. [s.l.], 2025. Disponível em: <https://www.isorecort.com.br/telhas/?utm_source=chatgpt.com>. Acesso em: 31 de jul. 2025.

JUSTO ALONSO, M.; DOLS, W.S.; MATHISEN, H.M. Using Co-simulation between EnergyPlus and CONTAM to evaluate recirculationbased, demand-controlled ventilation strategies in an office building. **Building and Environment**. v.211, 1-16, 2022.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3.ed. São Paulo: ELETROBRAS/PROCEL, 2014.

LEITNER, D. S; SCHEER, S.; SANTOS, A. P. L. **O uso do BIM para avaliação do desempenho dos edifícios: uma revisão sistemática da literatura**. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Carlos, v.14, n.2, p.17-33, 2019.

LOVELOCK, James. **A Vingança de Gaia**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2006.

MACIEL, Alexandra Albuquerque. **Integração de conceitos bioclimáticos ao projeto arquitetônico**. 2006. 197 f. Tese submetida ao Curso de Doutorado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2006.

MAHMOUD, Ramy; KAMARA, John M.; BURFORD, Neil. Opportunities and Limitations of Building Energy Performance Simulation Tools in the Early Stages of Building Design in the UK. **Sustainability**, v. 12, n. 9702, 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/journal/sustainability>>. Acesso em: 21 nov. 2025

MOHAJER, Masha Farid; AKSAMIJA, Ajla. Integration of building energy modeling (BEM) and building information modeling (BIM): workflows and case study. **Building Technology Educator's Society**, [s.l.], v.2019(37), 2019.

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES – NIBS. **U.S National BIM Program**: Implementation Plan. Version 1.1. Washington, 2022.

NUNES, Ana Beatriz de Castro Nunes. **BIM na avaliação de sustentabilidade de edifícios**. 2022. 204 f. Dissertação submetida ao Curso de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia – Universidade do Minho, Braga, 2022.

O PEROBAL. **Escritório Projetek auxilia municípios em projetos para obra**. Londrina, 2021. Disponível em: <<https://operobal.uel.br/sociedade/2021/07/19/projetek-uel-auxilia-municipios-em-projetos/>>. Acesso em: 22 out. 2024

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **ONU confirma 2024 como o ano mais quente já registrado, com cerca de 1,55°C acima dos níveis pré-industriais**. Brasília, 2025. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/287173-onu-confirma-2024-como-o-ano-mais-quente-j%C3%A1-registrado-com-cerca-de-155%C2%B0c-acima-dos-n%C3%ADveis>>. Acesso em: 22 out. 2025

PBE Edifica. Portaria consolidada. [s.l.], 2020. Disponível em: <<https://pbeedifica.com.br/portariaconsolidada>>. Acesso em: 03 dez. 2023

PIMENTEL, B. P.; SILVA, A. S.; BARBOSA, A. T. R.; REIS, M. Comparação dos métodos simplificado e de simulação propostos no novo regulamento brasileiro de etiquetagem de edificações públicas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 21, n. 4, p. 179-200, out./dez. 2021.

POZZOBON, Eduardo Machry; BARRETO, Douglas. Etiquetagem de eficiência energética de prédios públicos: estudo de caso da reitoria da UFSCar - São Carlos - SP. **Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes**, [s. l.], v. 12, n. 34, 2024. Disponível em: <https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/cidades_verdes/article/view/5070>. Acesso em: 21 nov. 2025

QUEIROZ, G.R.; **Análise da interoperabilidade entre os programas computacionais Autodesk Revit e EnergyPlus para a simulação térmica de edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2016.

QUEIROZ, G.R.; **Autodesk Revit como ferramenta BIM aplicada à simulação térmica de edificações**. UFSM/IMED, 2015.

RANA, M. J.; HASAN, M.R.; SOBUZ, M.H.R.; SUTAN, N.M.. Evaluation of passive design strategies to achieve NZEB in the corporate facilities: the contexto of Bangladeshi subtropical monsoon climate. **International Journal of Building Pathology and Adaptation**, [s.l.], v.39(4), 619-654, 2021.

SANTO, Fiorot Dell.; SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves de Souza. Avaliação simplificada da eficiência energética da envoltória em edifícios naturalmente ventilados: comparação entre métodos. **Anais XVII encontro nacional de conforto no ambiente construído e XIII encontro latino-americano de conforto no**

ambiente construído, [s. l.], 2023. Disponível em:
<https://www.researchgate.net/publication/375950512_Avaliacao_simplificada_da_eficiencia_energetica_da_envoltoria_em_edificios_naturalmente_ventilados_comparacao_entre_metodos> Acesso em: 21 nov. 2025.

SHADRINA, A. **Framework for the transfer of building materials data between the BIM and thermal simulation software**. Vienna, 2015. 20 p. Disponível em:
<https://www.academia.edu/12460299/framework_for_the_transfer_of_building_material>. Acesso em: 08 fev. 2024

SIMÕES, G.; LABAKI, L.; LEDER, S. Thermal discomfort and adaptation strategies in Brazilian social housing. **Building and Environment**, [s.l.], v. 269. fev. 2025.

SIMO-TAGNE, M.; NDUKWU, M.C.; ROGAUME, Y. Modelling and numerical simulation of hygrothermal transfer through a building wall for locations subjected to outdoor conditions in Sub-Saharan Africa. **Journal of Building Engineering**. v.26, 2019.

SOUZA, Kelly Katharinne da Silva; CORRÊA, Beatriz Castilho; LOPES, Felipe da Silva Duarte. Avaliação de eficiência energética pelo método de simulação da INI-C em edifício educacional em Macapá/AP. **Anais XVII encontro nacional de conforto no ambiente construído e XIII encontro latino-americano de conforto no ambiente construído**, [s. l.], 2023. Disponível em:
<<https://eventos.antac.org.br/index.php/encac/article/view/3809>> Acesso em: 21 nov. 2025.

SUVINIL. **Cor Girafa**. [s.l.], 2024. Disponível em:
<<https://www.suvinil.com.br/cores/girafa-e027>>. Acesso em: 22 out. 2024

TEIXEIRA, C. A.; MELO, A. P.; FOSSATI, M. LAMBERTS, R. Bottom-up modelling of electricity end-use consumption of the residential sector in Brazil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 22, n. 3, p. 113-131, jul./set. 2022.

UN Environment Programme – UNEP. O aumento alarmante da temperatura global. **UNEP**. Nairobi, 2022. Disponível em: <<https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/o-aumento-alarmante-da-temperatura-global>>. Acesso em: 24 abr. 2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA - UEL. **Modernização da infraestrutura urbana das prefeituras de até 30 mil habitantes, utilizando tecnologia BIM**. Londrina, 2024. Disponível em:
<<https://sites.uel.br/sustentabilidade/modernizacao-urbana-das-prefeituras/>>. Acesso em: 22 out. 2024

YAKUT, Melik Ziya; ESEN, Sinem. Impact os energy eficiente design parameters on energy consumption in hot-humid climate zones. **Res. Eng. Struct. Mater.** v.6(3), 197-206, 2020.

YU, J.; CHANG, W.-S.; DONG, Y. Building Energy Prediction Models and Related Uncertainties: A Review. **Buildings**. v.12, 1-29, 2022.

ZHU, D.; HONG, T.; YAN, D.; WANG, C. A detailed loads comparison of three building energy modeling programs: EnergyPlus, DeST and DOE-2.1E. **Building Simulation**. v.6, 323-335, 2013.

APÊNDICE A – ENTREVISTA ETAPA DE ANÁLISE

Detalhes da entrevista

Local: _____ Data: _____ Hora: _____
Nº da _____
Entrevista: _____

Instruções Básicas ao Entrevistador:

- ✓ Dar “boa tarde” ou “bom dia” para o entrevistado.
- ✓ Se apresentar.
- ✓ Explicar sobre o que se trata a entrevista.
- ✓ Agradecer pela atenção.
- ✓ Perguntar se concorda em dar a entrevista e informar que o entrevistado pode desistir a qualquer momento.
- ✓ Em caso de dúvidas, repetir a pergunta e tentar não explicar para que não haja condução das respostas.
- ✓ Agradecer pelas respostas.
- ✓ Manter anonimato do entrevistado.
- ✓ Essa entrevista faz parte de uma pesquisa da Pós Graduação em Engenharia Civil e tem como objetivo avaliar o conhecimento dos profissionais quanto ao desempenho térmico e eficiência energética de uma edificação.

Perguntas de identificação profissional

Pergunta nº 1: Já apresentado o termo de consentimento, novamente, você concorda em participar dessa pesquisa e entrevista?

Pergunta nº 2: Gênero:

Pergunta nº 3: Idade:

Pergunta nº 4: Profissão:

Pergunta nº 5: Qual o tempo de atuação na área?

Perguntas de caracterização escritório e processos

Pergunta nº 6: Quais tipos de projetos são mais comuns no escritório?

Pergunta nº 7: Já desenvolveu projeto de edifícios comerciais, industriais ou públicos?
Qual o porte?

Pergunta nº 8: Quais são os dados levantados antes de iniciar o processo de projeto?

Pergunta nº 9: Quais são os softwares utilizados no seu trabalho de projeto?

Perguntas de desempenho térmico e eficiência energética

Pergunta nº 10: Qual o grau de prioridade do desempenho, conforto térmico ou eficiência energética das edificações em seus projetos no PROJETEK?

Pergunta nº 11: Como a busca por desempenho térmico é transformada em estratégia de projeto?

Pergunta nº 12: Qual a liberdade que você como profissional tem para projetar? É possível intervir em quais aspectos do projeto?

Pergunta nº 13: Você conseguiria enumerar em ordem de prioridade, de 01 (mais importante) a 11 (menos importante), o que você considera na elaboração de seu projeto:

- () Ventilação natural
- () Orientação da edificação
- () Aspectos visuais (estéticos)
- () Desempenho térmico
- () Otimização do espaço do terreno
- () Desejos do cliente
- () Custo (economia)
- () Volumetria da edificação
- () Sombreamento
- () Iluminação natural
- () Cronograma

Pergunta nº 14: Essas variáveis ambientais e locais são consideradas no processo de projeto em algum desses momentos? Em que momento?

	Não	Concepção	Pré-Projeto	Anteprojeto
Orientação do edifício em relação ao sol				
Paisagismo				
Sombreamento				
Vegetação				
Orientação do edifício em relação a ventilação natural				
Iluminação natural				
Outras:				

Pergunta nº 15: Em qual fase do processo de projeto você considera essas características de paredes e janelas? E o que considera na tomada de decisão da

característica?				
	Concepção	Pré-Projeto	Anteprojeto	Outro
Cor				
Materiais da envoltória				
Posição das janelas				
Tamanho das janelas				
Tipos de vidro				
Sombreamento				
Isolantes térmicos				
Outras:				

Pergunta nº 16: Você sabe o que as seguintes variáveis significam? Se sim, em qual fase do projeto você considera durante o projeto?

	Não	Concepção	Pré-Projeto	Anteprojeto	Não considera
Absortância térmica					
Atraso térmico					
Capacidade térmica					
Transmitância térmica					
Fator solar					
Outras:					

Pergunta nº 17: Você conhece os softwares ou ferramentas abaixo para análise de eficiência energética ou desempenho térmico? Se sim, utiliza algum em seus projetos?

	Não	Sim, mas não utiliza	Sim, utiliza
Energy Plus			
Autodesk Insight			
Green Building Studio			
Design Builder			
Eco Designer			
Graphisoft			
Outros:			

APÊNDICE B – TCLE – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do Estudo: **BIM E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA A EDIFÍCIOS COMERCIAIS NAS ETAPAS INICIAIS DO PROJETO ARQUITETÔNICO**

Pesquisador Responsável: **PEDRO SOUZA LEITE**

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

ETAPA DE ANÁLISE E AVALIAÇÃO

O (A) Senhor (a) está sendo convidado (a) a participar da pesquisa “**BIM E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA A EDIFÍCIOS COMERCIAIS NAS ETAPAS INICIAIS DO PROJETO ARQUITETÔNICO**”. Orientado pela Professora Doutora Camila Gregório Atem, e que prevê o levantamento de informações junto a profissionais projetistas de edifícios comerciais, industriais e públicos de Londrina e região.

A proposta deste termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) é explicar tudo sobre o estudo de caso e solicitar a sua permissão para que o mesmo seja publicado em meios científicos como revistas, congressos e/ou reuniões científicas ou afins.

Justifico a necessidade dessa pesquisa a partir da dificuldade encontrada pelos profissionais em tomar decisões sobre desempenho térmico de paredes, coberturas e janelas devido à complexidade e variabilidade do fenômeno. Atualmente existem ferramentas digitais para simular e obter resultados mais precisos, porém de uso complexo para muitos profissionais. Acredita-se que ferramentas digitais simplificadas podem auxiliar a tomada de decisão na etapa de concepção de edificação e reduzir o retrabalho nas fases posteriores do processo de projeto.

O **objetivo** da pesquisa é verificar a aplicabilidade da ferramenta de simulação energética Autodesk Insight/Revit, como auxiliar na tomada de decisões com foco no desempenho térmico e eficiência energética. Para isso, o estudo contempla duas fases: levantamento dos requisitos dos usuários da ferramenta e avaliação do artefato desenvolvido, ambas focadas em profissionais projetistas. Na fase de análise inicial do escritório, a que se refere esse Termo de Consentimento, será realizada entrevista semiestruturada sobre sua atuação como projetista, seu processo de projeto de edifícios comerciais, industriais e públicos e conhecimentos sobre desempenho térmico, com duração estimada de uma hora. A entrevista será realizada preferencialmente no seu ambiente de trabalho e vou solicitar a sua permissão para a gravação de áudio e vídeo, se possível, para evitar perda de informação e garantir agilidade na entrevista. Na fase de avaliação, a que se refere esse Termo de Consentimento, será realizada uma apresentação de uma ferramenta computacional, Autodesk Insight, e os resultados dessa ferramenta para análise de desempenho térmico e energético na elaboração do projeto, seguida de uma entrevista semiestruturada com duração estimada de uma hora. A entrevista será realizada preferencialmente no seu ambiente de trabalho e vou solicitar a sua permissão para a gravação de áudio e vídeo, se possível, para evitar perda de informação e garantir agilidade na entrevista.

Esclareço que sua participação é totalmente voluntária, podendo você recusar a participar, responder alguma pergunta, ou mesmo desistir a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa ou a pesquisa. Peço que aponte dúvidas antes de consentir este documento. Além disso, você terá acesso aos resultados da pesquisa.

Esclareço que suas informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade. Os dados de áudio e vídeo serão armazenados em um único computador e em arquivo de segurança compactado e protegido com senha em outro equipamento sem o uso de armazenamento remoto ou nuvem. O armazenamento é necessário para revisões caso necessário, a sua destruição será realizada após o término da pesquisa.

Esclareço que você não pagará e nem será remunerado(a) por sua participação. Garanto, no entanto, que todas as despesas decorrentes da pesquisa serão ressarcidas, quando devidas e decorrentes especificamente de sua participação.

Os **benefícios** diretos e indiretos são a contribuição para a verificação da aplicabilidade de uma ferramenta que visa propiciar decisões em projeto que favoreçam o desempenho térmico de edificações e a possibilidade de atualização de seu conhecimento sobre os temas de processo projetivo e eficiência térmica e energética.

Quanto aos **riscos**, é avaliado como risco mínimo, na medida em que as entrevistas serão realizadas em ambiente habitual de trabalho, podendo, eventualmente haver alguma fadiga devido à entrevista, que ocorrendo, nos responsabilizando em apará-lo até que tal desconforto cesse, ou, se for o caso, você poderá cessar a pesquisa a qualquer momento.

É garantido ao Sr.(a), o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre a pesquisa, enfim, tudo o que o(a) Sr.(a) queira saber antes, durante e depois da sua participação, inclusive às disseminações que advenham desta pesquisa.

Caso o(a) Sr.(a) tenha dúvidas, poderá entrar em contato com o pesquisador responsável Pedro Souza Leite, pelo telefone _____, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, situado junto ao CTU – Centro de Tecnologia e Urbanismo da Universidade Estadual de Londrina, CEP 86.057-970 Londrina, PR e/ou pelo e-mail pedro.souzaleite@uel.br, ou com o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, situado junto ao LABESC – Laboratório Escola, no Campus Universitário, telefone 3371-5455, e-mail: cep268@ul.br.

Esse Termo é assinado em duas vias, sendo uma do(a) Sr.(a) e a outra para os pesquisadores.

Declaração de Consentimento

Concordo em participar do estudo intitulado “**BIM e simulação energética para edifícios comerciais na concepção do projeto arquitetônico**”, tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar voluntariamente da pesquisa descrita acima.

_____ Nome do participante por extenso ou responsável _____ Assinatura do participante ou responsável	Data: ____/____/____
---	-----------------------------

Eu, Pedro Souza Leite, declaro cumprir as exigências contidas nos itens IV.3 e IV.4, da Resolução nº 466/2012 MS.

_____ Assinatura do Pesquisador	Data: ____/____/____
--	-----------------------------

*Termos de Consentimento Livre Esclarecido apresentado, atendendo, conforme normas da Resolução 466/2012 de 12 de dezembro de 2012.

APÊNDICE C – TERMO DE CONFIDENCIALIDADE E SIGILO

TERMO DE CONFIDENCIALIDADE E SIGILO

Eu, **Pedro Souza Leite, brasileiro, casado, engenheiro civil**, inscrito(a) no CPF/ MF sob o nº _____, abaixo firmado, assumo o compromisso de manter confidencialidade e sigilo sobre todas as informações técnicas e outras relacionadas ao projeto de pesquisa intitulado **“BIM e simulação energética para edifícios comerciais na concepção do projeto arquitetônico”**, a que tiver acesso nas dependências do **CTU – Centro de Tecnologia e Urbanismo da Universidade Estadual de Londrina**.

Por este termo de confidencialidade e sigilo comprometo-me a:

1. não utilizar as informações confidenciais a que tiver acesso, para gerar benefício próprio exclusivo e/ou unilateral, presente ou futuro, ou para o uso de terceiros;
2. não efetuar nenhuma gravação ou cópia da documentação confidencial a que tiver acesso;
3. não me apropriar de material confidencial e/ou sigiloso que venha a ser disponível;
4. não repassar o conhecimento das informações confidenciais, responsabilizando-me por todas as pessoas que vierem a ter acesso às informações, por meu intermédio, e obrigando-me, assim, a ressarcir a ocorrência de qualquer dano e/ou prejuízo oriundo de uma eventual quebra de sigilo das informações fornecidas.

Neste Termo, as seguintes expressões serão assim definidas:

Informação Confidencial significará toda informação revelada ou cedida pelo participante da pesquisa, a respeito da pesquisa, ou associada à Avaliação de seus dados, sob a forma escrita, verbal ou por quaisquer outros meios. Avaliação significará todas e quaisquer discussões, conversações ou negociações entre, ou com as partes, de alguma forma relacionada ou associada com o desenvolvimento da pesquisa.

Informação Confidencial inclui, mas não se limita, à dados pessoais, informação relativa à operações, processos, planos ou intenções, informações sobre produção, instalações, equipamentos, segredos de negócio, segredo de fábrica, dados, habilidades especializadas, projetos, métodos e metodologia, fluxogramas, especializações, componentes, fórmulas, produtos, amostras, diagramas, desenhos de esquema industrial, patentes, oportunidades de mercado e questões relativas a negócios.

Pelo não cumprimento do presente Termo de Confidencialidade e Sigilo, fica o abaixo assinado ciente de que sanções judiciais poderão advir.

Local, ____/____/____

Ass. _____
Pedro Souza Leite

APÊNDICE D – RESPOSTAS DAS ENTREVISTAS ÍNTEGRA

PARTICIPANTE P1

Detalhes da entrevista

Local: Londrina – Google Meet Data: 26/08/2024 Hora: 17:30

Nº da Entrevista: 01

Perguntas de identificação profissional

Pergunta nº 1: Você concorda em participar dessa pesquisa e entrevista? Sim.

Pergunta nº 2: Gênero: Masculino

Pergunta nº 3: Idade: 30 anos

Pergunta nº 4: Profissão: Arquiteto e Urbanista

Pergunta nº 5: Qual o tempo de atuação na área? 2022 – Desde então PROJETER

Perguntas de caracterização escritório e processos

Pergunta nº 6: Quais tipos de projetos são mais comuns no escritório? Infraestrutura (paisagismo, urbanismo e estrada e rodagem), industrial, saúde, serviço (comercial, terminal...), lazer e cultura, educacional.

Educacional (creche, colégio profissionalizante, laboratório escola).

Pergunta nº 7: Já desenvolveu projeto de edifícios comerciais, industriais ou públicos? Qual o porte?

Sim, médio porte, a partir de 300,00m² e próximo a 8.000,00 m².

Pergunta nº 8: Quais são os dados levantados antes de iniciar o processo de projeto?

Checklist engloba todas as áreas, compartilhado. Pré checklist, e reformula para personalizar a necessidade do cliente.

Pergunta nº 9: Quais são os softwares utilizados no seu trabalho de projeto?

Revit, TQS, AltoQi. Arquitetura Revit. OrcaFascio, para orçamentação. Compatibilização manual no Revit, pensando em aplicar Navisworks.

Perguntas de desempenho térmico e eficiência energética

Pergunta nº 10: Qual o grau de prioridade do desempenho, conforto térmico ou eficiência energética das edificações em seus projetos no PROJETER?

Checklist pergunta sobre aquecimento solar e aproveitamento de chuva, por pressa ou orçamento do cliente, acaba passando. O foco mais na utilização do material, cuidado térmico e preventivo de incêndio.

Pergunta nº 11: Como a busca por desempenho térmico é transformada em estratégia de projeto?

Escolhas dos materiais e orientação da edificação na implantação, utilizando carta solar para análise. Pré-implantação, rotacionando ou modificando. Porém, muitas vezes já vem com projeto padrão do governo, ou já pré-posicionado. Pensando em brises e janelas.

Pergunta nº 12: Qual a liberdade que você como profissional tem para projetar? É possível intervir em quais aspectos do projeto?

Depende do projeto, a maioria reforma e ampliação, limitado a pré posição. Possui certa liberdade, mas um pouco enrijecido. Alterar revestimento, janelas com aberturas diferentes, brises e climatização, infelizmente, ventilador, ar-condicionado.

Pergunta nº 13: Você conseguiria enumerar em ordem de prioridade, de 01 (mais importante) a 10 (menos importante), o que você considera na elaboração de seu projeto:

- (3) Ventilação natural
- (2) Orientação da edificação
- (8) Aspectos visuais (estéticos)
- (7) Desempenho térmico
- (9) Otimização do espaço do terreno
- (1) Desejos do cliente
- (6) Custo (economia)
- (5) Volumetria da edificação
- (10) Sombreamento
- (4) Iluminação natural
- (11) Cronograma

Pergunta nº 14: Essas variáveis ambientais e locais são consideradas no processo de projeto em algum desses momentos? Em que momento?

	Não	Concepção	Pré-Projeto	Anteprojeto
Orientação do edifício em relação ao sol		X		
Paisagismo			X	
Sombreamento			X	
Vegetação		X		
Orientação do edifício em relação a ventilação natural		X		
Iluminação natural			X	
Outras:				

Pergunta nº 15: Em qual fase do processo de projeto você considera essas características de paredes e janelas? E o que considera na tomada de decisão da característica?

	Concepção	Pré-Projeto	Anteprojeto	Outro
Cor		X – Definido pelo cliente maioria das vezes (ex: bandeira município)		

Materiais da envoltória		X – Custo, padrão já existente		
Posição das janelas	X – Pode ser mudado em reunião com o cliente. Ventilação, iluminação e orientação, normas específicas, privacidade.			
Tamanho das janelas	X – Segue mesma linha da posição			
Tipos de vidro			X – Após validações, custo	
Sombreamento		X – Orientação do projeto, validar com cliente adicional brises	X – Estudo de paisagismo	
Isolantes térmicos			X – Telhas sanduíches, analise junto com SPDA	
Outras:				

Pergunta nº 16: Você sabe o que as seguintes variáveis significam? Se sim, em qual fase do projeto você considera durante o projeto?

	Não	Concepção	Pré-Projeto	Anteprojeto	Não considera
Absortância térmica		X – Cor das paredes			
Atraso térmico	X				
Capacidade térmica					X
Transmitância térmica		X			
Fator solar		X – Definição			

		painéis solares			
Outras:					

Pergunta nº 17: Você conhece os softwares ou ferramentas abaixo para análise de eficiência energética ou desempenho térmico? Se sim, utiliza algum em seus projetos?

	Não	Sim, mas não utiliza	Sim, utiliza
Energy Plus		X	
Autodesk Insight	X		
Green Building Studio		X	
Design Builder		X	
Eco Designer Graphisoft		X	
Outros:			

PARTICIPANTE P2

Detalhes da entrevista

Local: Londrina – Google Meet Data: 26/08/2024 Hora: 18:20
 Nºda
 Entrevista: 02

Perguntas de identificação profissional

Pergunta nº 1: Você concorda em participar dessa pesquisa e entrevista? Sim
 Pergunta nº 2: Gênero: Feminino
 Pergunta nº 3: Idade: 21 anos
 Pergunta nº 4: Profissão: Estudante de Arquitetura e Urbanismo UEL
 Pergunta nº 5: Qual o tempo de atuação na área? Março ou Maio 2024. Um mês prefeitura do campus, departamento da UEL.

Perguntas de caracterização escritório e processos

Pergunta nº 6: Quais tipos de projetos são mais comuns no escritório?
 Principalmente com reformas e restauros, em alguns casos blocos novos, estruturas a mais. Normalmente, escolas, centros educacionais, voltados para área de educação.
 Pergunta nº 7: Já desenvolveu projeto de edifícios comerciais, industriais ou públicos? Qual o porte?
 Terminal rodoviário, escolas e centro educacionais. Centro educacional Assai, grandes de quatros blocos, restauração e um bloco adicional. Terminal pequeno.
 Pergunta nº 8: Quais são os dados levantados antes de iniciar o processo de projeto?
 Fotos do local, reunir documentação das estruturas existentes e entornos do lote. E máximo de documentação dos municípios, legislação, de recuos e especificações de zoneamento. Algumas cidades passam mais, outros precisam de maior procura.
 Pergunta nº 9: Quais são os softwares utilizados no seu trabalho de projeto?

Revit, maioria. Lumion para alguns renders.

Perguntas de desempenho térmico e eficiência energética

Pergunta nº 10: Qual o grau de prioridade do desempenho, conforto térmico ou eficiência energética das edificações em seus projetos no PROJETEK?

Por ser arquitetonico, estrutura e elétrica, existe a discussão, procura mais janelas, aberturas, luz naturais, mas discutidos com a civil, estrutura, hidráulica e elétrica, tentando conciliar. Existem limitadores técnicos.

Pergunta nº 11: Como a busca por desempenho térmico é transformada em estratégia de projeto?

Escolhas dos materiais (apesar de dificuldade de fugir do concreto e convencional por serem estruturas públicas), sombreamento (brise), levando em consideração o orçamento e limitação financeira.

Pergunta nº 12: Qual a liberdade que você como profissional tem para projetar? É possível intervir em quais aspectos do projeto?

Tem uma certa liberdade por serem municípios pequenos, a legislação não ser tão restritiva, mais recuos. Bastante liberdade para estruturas novas, às vezes propõe algo mais ousado, e valida com a prefeitura, adequando até chegar em um consenso, sem muita restrição. Principalmente, tenta melhorar ao máximo paisagismo, quando terreno permite, e também layouts que funcionem melhor. Exemplo centro educacional Assai, estrutura retangular, quadrada, viga e pilar. Propôs articulação entre sala, distribuição de layout em laboratório e salas de ensino que foi melhor, pensando em funcionalidade.

Pergunta nº 13: Você conseguiria enumerar em ordem de prioridade, de 01 (mais importante) a 10 (menos importante), o que você considera na elaboração de seu projeto:

- (9) Ventilação natural
- (2) Orientação da edificação
- (6) Aspectos visuais (estéticos)
- (7) Desempenho térmico
- (3) Otimização do espaço do terreno
- (1) Desejos do cliente
- (11) Custo (economia)
- (8) Volumetria da edificação
- (4) Sombreamento
- (5) Iluminação natural
- (10) Cronograma

Pergunta nº 14: Essas variáveis ambientais e locais são consideradas no processo de projeto em algum desses momentos? Em que momento?

	Não	Concepção	Pré-Projeto	Anteprojeto
Orientação do edifício em relação ao sol		X		
Paisagismo				X
Sombreamento			X	
Vegetação			X	

Orientação do edifício em relação a ventilação natural		X		
Iluminação natural		X		
Outras:				

Pergunta nº 15: Em qual fase do processo de projeto você considera essas características de paredes e janelas? E o que considera na tomada de decisão da característica?

	Concepção	Pré-Projeto	Anteprojeto	Outro
Cor			X – Disponibilidade/limitação de cor, preferência do cliente	
Materiais da envoltória		X – Disponibilidade/limitação, custo, eficiência térmico e acústico		
Posição das janelas		X – Função de cada espaço, clima, ventilação, iluminação e sombreamento		
Tamanho das janelas			X – Função do espaço, incidência do sol, sombreamento interno	
Tipos de vidro			X – Disponibilidade e custo, mais difícil de diversificar	
Sombreamento		X – Começa a ser pensado, função do espaço	X - Definitivo	
Isolantes térmicos			X – Ambientes que não conseguiu trabalhar da mesma forma a questão térmica e acústica. E	

			cobertura, por ser norte do Paraná, quase inevitável não utilizar isolante.	
Outras:				

Pergunta nº 16: Você sabe o que as seguintes variáveis significam? Se sim, em qual fase do projeto você considera durante o projeto?

	Concepção	Pré-Projeto	Anteprojeto	Não considera
Absortância térmica			X	
Atraso térmico		X		
Capacidade térmica				X
Transmitância térmica			X	
Fator solar	X – Considera Anteprojeto			
Outras:				

Pergunta nº 17: Você conhece os softwares ou ferramentas abaixo para análise de eficiência energética ou desempenho térmico? Se sim, utiliza algum em seus projetos?

	Não	Sim, mas não utiliza	Sim, utiliza
Energy Plus	X		
Autodesk Insight	X – Acha que já ouviu falar		
Green Building Studio	X		
Design Builder		X	
Eco Designer Graphisoft	X		
Outros:			

PARTICIPANTE P3

Detalhes da entrevista

Local: Londrina – Google Meet Data: 27/08/2024 Hora: 17:30
 Nº da Entrevista: 03

Perguntas de identificação profissional

Pergunta nº 1: Você concorda em participar dessa pesquisa e entrevista? Sim.

Pergunta nº 2: Gênero: Feminino

Pergunta nº 3: Idade: 21 anos

Pergunta nº 4: Profissão: Estudante Arquitetura e Urbanismo UEL

Pergunta nº 5: Qual o tempo de atuação na área? Projetek primeira experiência. Outubro de 2023.

Perguntas de caracterização escritório e processos

Pergunta nº 6: Quais tipos de projetos são mais comuns no escritório? Educacionais e institucionais, terminal rodoviário.

Pergunta nº 7: Já desenvolveu projeto de edifícios comerciais, industriais ou públicos? Qual o porte?

Comentados acima. Terminal um pouco mais de 800,00 metros quadradas.

Pergunta nº 8: Quais são os dados levantados antes de iniciar o processo de projeto?

Normas da cidade, zoneamento, dados topográficos e como atua na parte do paisagismo, se há uma restrição de vegetação do município.

Pergunta nº 9: Quais são os softwares utilizados no seu trabalho de projeto?

Revit e Lumion.

Perguntas de desempenho térmico e eficiência energética

Pergunta nº 10: Qual o grau de prioridade do desempenho, conforto térmico ou eficiência energética das edificações em seus projetos no PROJETER?

Não sabe, não considerado na parte de infraestrutura, principalmente de paisagismo.

Pergunta nº 11: Como a busca por desempenho térmico é transformada em estratégia de projeto?

Não utilizado.

Pergunta nº 12: Qual a liberdade que você como profissional tem para projetar? É possível intervir em quais aspectos do projeto?

Bastante liberdade para ser criativa, conseguindo intervir até na parte estrutural, exemplo, muro de arrimo com paisagismo.

Pergunta nº 13: Você conseguiria enumerar em ordem de prioridade, de 01 (mais importante) a 10 (menos importante), o que você considera na elaboração de seu projeto:

- (10) Ventilação natural
- (5) Orientação da edificação
- (4) Aspectos visuais (estéticos)
- (11) Desempenho térmico
- (1) Otimização do espaço do terreno
- (9) Desejos do cliente
- (8) Custo (economia)
- (6) Volumetria da edificação
- (2) Sombreamento
- (3) Iluminação natural
- (7) Cronograma

Pergunta nº 14: Essas variáveis ambientais e locais são consideradas no processo de projeto em algum desses momentos? Em que momento?

	Não	Concepção	Pré-Projeto	Anteprojeto
Orientação do edifício em relação ao sol				X

Paisagismo				X
Sombreamento				X
Vegetação				X
Orientação do edifício em relação a ventilação natural			X	
Iluminação natural			X	
Outras:				

Pergunta nº 15: Em qual fase do processo de projeto você considera essas características de paredes e janelas? E o que considera na tomada de decisão da característica?

	Concepção	Pré-Projeto	Anteprojeto	Outro
Cor				
Materiais da envoltória				
Posição das janelas				
Tamanho das janelas				
Tipos de vidro				
Sombreamento				
Isolantes térmicos				
Outras:	Não se aplica na atividade			

Pergunta nº 16: Você sabe o que as seguintes variáveis significam? Se sim, em qual fase do projeto você considera durante o projeto?

	Não	Concepção	Pré-Projeto	Anteprojeto	Não considera
Absortância térmica					X
Atraso térmico					X
Capacidade térmica					X
Transmitância térmica					X
Fator solar	X				
Outras:					

Pergunta nº 17: Você conhece os softwares ou ferramentas abaixo para análise de eficiência energética ou desempenho térmico? Se sim, utiliza algum em seus projetos?

	Não	Sim, mas não utiliza	Sim, utiliza
Energy Plus		X	
Autodesk Insight	X		
Green Building Studio	X		
Design Builder	X		
Eco Designer Graphisoft	X		
Outros:			

PARTICIPANTE P4

Detalhes da entrevista

Local: Londrina – Google Meet Data: 29/08/2024 Hora: 18:00
Nº da Entrevista: 04

Perguntas de identificação profissional

Pergunta nº 1: Você concorda em participar dessa pesquisa e entrevista? Sim

Pergunta nº 2: Gênero: Masculino

Pergunta nº 3: Idade: 24

Pergunta nº 4: Profissão: Estagiário Projetek – Estudante Arquitetura e Urbanismo - Arquitetura

Pergunta nº 5: Qual o tempo de atuação na área? Desde 2019, na Projetek Setembro/Outubro de 2023

Perguntas de caracterização escritório e processos

Pergunta nº 6: Quais tipos de projetos são mais comuns no escritório? Infraestrutura de transporte (terminal rodoviário)

Pergunta nº 7: Já desenvolveu projeto de edifícios comerciais, industriais ou públicos? Qual o porte? Públicos, terminal, aproximadamente 800,00m²

Pergunta nº 8: Quais são os dados levantados antes de iniciar o processo de projeto?

Lista de pré-requisitos para prefeitura, levantamento planialtimétrico, pontos existentes hidráulicos e elétricos, e imagens do local.

Pergunta nº 9: Quais são os softwares utilizados no seu trabalho de projeto?

Revit, power point para apresentação, e word para textos e artigos. Renders Twinmotion e Lumion.

Perguntas de desempenho térmico e eficiência energética

Pergunta nº 10: Qual o grau de prioridade do desempenho, conforto térmico ou eficiência energética das edificações em seus projetos no PROJETERK?

Considerada, porém perde para o custo, orçamento da obra

Pergunta nº 11: Como a busca por desempenho térmico é transformada em estratégia de projeto?

Varia bastante, nem todos os projetos é possível definir orientação. Pensando em esquadrias e orientação de ventilação natural.

Pergunta nº 12: Qual a liberdade que você como profissional tem para projetar? É possível intervir em quais aspectos do projeto?

Tem sim, certa liberdade, poder escolher material, flexibilidade em poder escolher esquadrias e coberturas, e paisagismo.

Pergunta nº 13: Você conseguiria enumerar em ordem de prioridade, de 01 (mais importante) a 11 (menos importante), o que você considera na elaboração de seu projeto:

(7) Ventilação natural

(4) Orientação da edificação

(8) Aspectos visuais (estéticos)

(10) Desempenho térmico

(2) Otimização do espaço do terreno

(1) Desejos do cliente

(9) Custo (economia)

(3) Volumetria da edificação

(6) Sombreamento

(5) Iluminação natural

(11) Cronograma

Pergunta nº 14: Essas variáveis ambientais e locais são consideradas no processo de projeto em algum desses momentos? Em que momento?

	Não	Concepção	Pré-Projeto	Anteprojeto
Orientação do edifício em relação ao sol		X		
Paisagismo			X	
Sombreamento			X	
Vegetação		X		
Orientação do edifício em relação a ventilação natural		X		
Iluminação natural			X	
Outras:			Materiais (revestimentos)	

Pergunta nº 15: Em qual fase do processo de projeto você considera essas características de paredes e janelas? E o que considera na tomada de decisão da característica?

	Concepção	Pré-Projeto	Anteprojeto	Outro
Cor		X – Questões estéticas, custo, ambiente		
Materiais da envoltória		X – Disponibilidade no local, custo e estética		
Posição das janelas		X – Otimização de custo, e iluminação, estética, disponibilidade no local		
Tamanho das janelas		X – Otimização de custo, e iluminação,		

		estética, disponibilidade no local		
Tipos de vidro			X – Não participou dessa etapa	
Sombreamento		X – Arborização existente, edificações existentes e espaços de permanência externas e internas		
Isolantes térmicos			X – Local a ser aplicado (cobertura, parede ou piso), custo e mão de obra	
Outras:				

Pergunta nº 16: Você sabe o que as seguintes variáveis significam? Se sim, em qual fase do projeto você considera durante o projeto?

	Não	Concepção	Pré-Projeto	Anteprojeto	Não considera
Absortância térmica					X
Atraso térmico			X – Definição cobertura e materiais de revestimento externo		
Capacidade térmica					X
Transmitância térmica			X – Definição cobertura e materiais de revestimento externo		
Fator solar		X – Locação de esquadrias, áreas de			

	permanência, circulação, paredes externar			
Outras:				

Pergunta nº 17: Você conhece os softwares ou ferramentas abaixo para análise de eficiência energética ou desempenho térmico? Se sim, utiliza algum em seus projetos?

	Não	Sim, mas não utiliza	Sim, utiliza
Energy Plus		X	
Autodesk Insight		X	
Green Building Studio	X		
Design Builder	X		
Eco Designer Graphisoft	X		
Outros:			