



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

**INTEROPERABILIDADE ENTRE MODELOS BIM E
ANÁLISES ENERGÉTICAS: DESENVOLVIMENTO DE
FERRAMENTA NO BLENDER PARA INTEGRAÇÃO DE
DADOS DE MODELOS IFC COM MÉTODO SIMPLIFICADO
DE ANÁLISE DA INI-R.**

VOLUME 1

Thiago Costa Godoi

2023

CAMPO GRANDE | MS

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

**INTEROPERABILIDADE ENTRE MODELOS BIM E
ANÁLISES ENERGÉTICAS: DESENVOLVIMENTO DE
FERRAMENTA NO BLENDER PARA INTEGRAÇÃO DE
DADOS DE MODELOS IFC COM MÉTODO SIMPLIFICADO
DE ANÁLISE DA INI-R.**

VOLUME 1

THIAGO COSTA GODOI

Trabalho de Conclusão de Curso do Mestrado Profissional apresentado na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade, na área de concentração Eficiência Energética.

Orientadora: Prof. Dra. Mayara Dias de Souza.

CAMPO GRANDE – MS

JUNHO / 2023



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



FOLHA DE APROVAÇÃO

THIAGO COSTA GODOI

**INTEROPERABILIDADE ENTRE MODELOS BIM E ANÁLISES ENERGÉTICAS:
DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA NO BLENDER PARA INTEGRAÇÃO DE DADOS DE
MODELOS IFC COM MÉTODO SIMPLIFICADO DE ANÁLISE DA INI-R.**

Redação final do Trabalho de Conclusão de Curso, aprovada pela Banca Examinadora em 29 de junho de 2023, na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul para obtenção do título de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade.

Banca examinadora:

Dra. Mayara Dias de Souza - (Orientadora)

Dr. Arthur Santos Silva .

Esp. Carlos Alexandre Dias.

Dr. Juliano Veraldo da Costa Pita.

Me. Alan Nóbrega Dantas de Araújo.

Dra. Andrea Naguissa Yuba.



Documento assinado eletronicamente por **Juliano Veraldo da Costa Pita, Usuário Externo**, em 24/07/2023, às 14:30, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Mayara Dias de Souza, Professora do Magistério Superior**, em 24/07/2023, às 14:41, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Arthur Santos Silva, Professor do Magisterio Superior**, em 24/07/2023, às 16:21, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **carlos alexandre dias, Usuário Externo**, em 24/07/2023, às 18:15, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4216390** e o código CRC **91F13C7A**.

COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

Av Costa e Silva, s/nº - Cidade Universitária

Fone:

CEP 79070-900 - Campo Grande - MS

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus. Ele me sustentou até aqui, fortalecendo-me nos dias difíceis e dando-me forças para continuar a caminhada.

Agradeço, também, aos meus pais, Paulo Godoi e Karenyne Godoi, e à minha irmã Daniela Godoi, que estiveram comigo em todos os momentos e não me deixaram desistir.

Agradeço, ainda, à minha namorada e companheira Sara, que me auxiliou e me fortaleceu nos dias difíceis e nos longos períodos de estudos.

Por fim, porém, não menos importante, agradeço à minha orientadora Mayara, que confiou em mim e me deu apoio não só nas questões atinentes à matéria, mas também, nas dificuldades da conclusão deste mestrado. Aproveito a oportunidade para externar minha admiração a esta profissional que é um exemplo pra minha jornada acadêmica.

Sou grato pelo término deste ciclo, certo de que novos desafios virão.

RESUMO

O avanço do desenvolvimento de tecnologias alinhadas com a modelagem da informação da construção (Building Information Modeling - BIM) tem permitido a criação de modelos de construção virtual com integração de dados multidisciplinares ao longo do ciclo de vida de um projeto. A interoperabilidade entre softwares BIM e ferramentas de análises energéticas ainda apresenta limitações, especialmente por estarem concentradas em fluxos de trabalho que envolvem softwares proprietários da mesma fabricante. Essa dependência representa uma barreira aos projetistas ao tentarem incorporar essas análises no desenvolvimento de um projeto. Diante disso, é necessário a exploração dos softwares open-source e formatos de arquivo de padrão aberto, como o Industry Foundation Class (IFC), para avançar em propostas de interoperabilidade entre modelos BIM e análises energéticas. A Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (INI-R) representa um eficaz e promissor método para a avaliação energética de construções residenciais. O objetivo desta pesquisa é desenvolver e explorar um fluxo de trabalho eficiente que permita a integração entre modelos IFC com o método simplificado da envoltória de análises energéticas da INI-R, obtendo assim os parâmetros de predição como resultado para uma percepção inicial do desempenho do projeto analisado. Para isso, foi desenvolvido um método para a integração de modelos BIM, por meio da elaboração de uma ferramenta no software Blender para o preenchimento e extração de dados relevantes do arquivo IFC e a organização desses dados na planilha Excel modelo da Interface Web da INI-R. Um estudo de caso foi realizado para a aplicação da ferramenta desenvolvida, utilizando arquivos IFC exportados dos softwares Autodesk Revit e Graphisoft ArchiCAD, evidenciando a viabilidade e eficácia da abordagem proposta. Para validar os resultados obtidos, realizou-se o preenchimento manual da planilha com a finalidade de comparar os resultados com o método de integração pela ferramenta desenvolvida. Os resultados comprovam a eficiência e viabilidade da integração de modelos IFC com o método simplificado de análise da INI-R. Essas análises realizadas nas etapas conceituais do projeto fornecem suporte aos projetistas, permitindo a especificação e exploração de alternativas de projeto em que as mudanças são menos dispendiosas, em comparação com estágios mais avançados do projeto executivo, construção ou da operação de uma edificação.

Palavras chave: BIM, Eficiência Energética, OpenBIM.

ABSTRACT

The advancement of development of technologies aligned with building information modeling (Building Information Modeling - BIM) has allowed the creation of virtual construction models with integration of multidisciplinary data throughout the life cycle of a project. The interoperability between BIM software and energy analysis tools still has limitations, especially because they are still concentrated in workflows that involve software from the same manufacturer. This dependency presents a barrier to designers trying to incorporate these analyzes into the development of a design. In view of this, it is necessary to explore open-source software and open standard file formats, such as the Industry Foundation Class (IFC), to advance proposals for interoperability between BIM models and energy analysis. The Inmetro Normative Instruction for the Energy Efficiency Classification of Residential Buildings (INI-R) represents an effective and promising method for the energy assessment of residential constructions. The objective of this research is to develop and explore an efficient workflow that allows the integration between IFC models with the simplified method of energy analysis of INI-R, thus obtaining the prediction parameters as a result for an initial perception of the performance about the analyzed project. For that, a method was developed for the integration of BIM models, through the elaboration of a tool in the Blender software for the filling and extraction of relevant data from the IFC file and the organization of these data in the Excel spreadsheet model of the INI-R Interface. A case study was carried out for the application of the developed tool, by using IFC files exported from Autodesk Revit and Graphisoft ArchiCAD software, showing the viability and effectiveness of the proposed approach. To validate the results obtained, the spreadsheet was filled in manually in order to compare the results with the integration method by the developed tool. The results prove the efficiency and feasibility of integrating IFC models with the simplified INI-R analysis method. These analyzes carried out in the conceptual stages of the project provide support to designers, allowing the specification and exploration of design alternatives in which changes are less expensive, compared to more advanced stages of the executive design, construction or operation of a building.

Keywords: BIM, Energy Efficiency, OpenBIM.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 -	Representação dos limites físicos e virtuais dos espaços pelo IfcRelSpaceBoundary.....	22
Figura 02 -	Linha do tempo dos processos de certificação energética.....	28
Figura 03 -	Metodologia da pesquisa.....	36
Figura 04 -	Fluxo do processo de preenchimento e integração do modelo BIM com a planilha modelo da INI-R.....	38
Figura 05 -	Interface da ferramenta de integração com a divisão de abas para preenchimento dos parâmetros e integração com a interface web da INI-R.....	39
Figura 06 -	Fluxo para cada aba de entrada da ferramenta de integração.....	40
Figura 07 -	Exemplo de preenchimento com filtro de elementos já preenchidos.....	41
Figura 08 -	Interface da configuração dos preenchimentos dos parâmetros dos ambientes.....	43
Figura 09 -	Interface da ferramenta de integração para o preenchimento dos parâmetros das paredes no Blender.....	47
Figura 10 -	Interface da ferramenta de integração para o preenchimento dos parâmetros dos pisos no Blender.....	48
Figura 11 -	Interface da ferramenta de integração para o preenchimento dos parâmetros das coberturas no Blender.....	50
Figura 12 -	Seção de integração dos dados com a planilha na ferramenta desenvolvida.....	54
Figura 13 -	Detalhes de perspectiva e planta do estudo de caso aplicado.....	55
Figura 14 -	Modelagem de paredes compostas divididas por divisas com ambientes lindeiros.....	56
Figura 15 -	Arquivos IFC com modelagem simplificada importadas no Blender.....	57

Figura 16 -	Função do BlenderBIM para geração dos IfcRelSpaceBoundary dos elementos no Blender.....	58
Figura 17 -	IfcRelSpaceBoundary gerados para relacionar os elementos com os ambientes no Blender.....	58
Figura 18 -	Interface da seção da ferramenta para o preenchimento dos dados da planilha modelo da INI-R.....	63
Figura 19 -	Valores na interface da ferramenta desenvolvida do cálculo dos parâmetros de predição por UH.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Limites de aplicação do método simplificado da INI-R.....	31
Tabela 02 - Mapeamento dos parâmetros geométricos obtidos para os ambientes.....	42
Tabela 03 - Mapeamento dos parâmetros preenchidos para os ambientes.....	42
Tabela 04 - Mapeamento dos parâmetros dos ambientes e suas fórmulas para o preenchimento da planilha.....	43
Tabela 05 - Mapeamento dos parâmetros geométricos obtidos para as paredes.....	45
Tabela 06 - Mapeamento dos parâmetros preenchidos para paredes.....	45
Tabela 07 - Mapeamento dos parâmetros das paredes e suas fórmulas para o preenchimento da planilha.....	46
Tabela 08 - Mapeamento dos parâmetros preenchidos para os pisos.....	48
Tabela 09 - Mapeamento dos parâmetros preenchidos para as coberturas.....	48
Tabela 10 - Mapeamento dos parâmetros das coberturas e suas fórmulas para o preenchimento da planilha.....	49
Tabela 11 - Seção de integração dos dados com a planilha na ferramenta desenvolvida.....	50
Tabela 12 - Mapeamento dos parâmetros preenchidos para as portas.....	51
Tabela 13 - Mapeamento dos parâmetros das portas e suas fórmulas para o preenchimento da planilha.....	51
Tabela 14 - Mapeamento dos parâmetros geométricos obtidos para as janelas	52
Tabela 15 - Mapeamento dos parâmetros preenchidos para as janelas.....	52
Tabela 16 - Mapeamento dos parâmetros das janelas e suas fórmulas para o preenchimento da planilha.....	53
Tabela 17 - Apresentação dos ambientes, tipo, áreas e condições de exposição de pisos e coberturas.....	59
Tabela 18 - Resultado dos parâmetros de predição para o dormitório 01.....	64
Tabela 19 - Resultado dos parâmetros de predição para o dormitório 02.....	64
Tabela 20 - Resultado dos parâmetros de predição para o dormitório 03.....	65
Tabela 21 - Resultado dos parâmetros de predição para a sala/cozinha.....	65
Tabela 22 - Resultado dos parâmetros de predição por UH.....	67

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AHSd	Ângulo horizontal de sombreamento da fachada direito
AHSe	Ângulo horizontal de sombreamento da fachada esquerdo
API	Application Programming Interface
APP	Ambiente de Permanência Prolongada
APT	Ambiente de Permanência Transitória
AVSfac	Ângulo vertical de sombreamento da fachada
AVE	Ângulo vertical de obstrução do entorno
BEM	Building Energy Model
BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer Aided Design
CEEa	Coeficiente de Eficiência Energética do sistema de Ar Condicionado para Aquecimento
CEEr	Coeficiente de Eficiência Energética do sistema de Ar Condicionado para Refrigeração
CgTA	Carga térmica de Aquecimento
CgTR	Carga térmica de Refrigeração
CgTT	Carga térmica Total
CO2	Dióxido de Carbono
gbXML	Green Building Extensible Markup Language

GNU	General Public License
IFC	Industry Foundation Classes
INI-C	Instrução Normativa Inmetro para Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais
INI-R	Instrução Normativa Inmetro para Classificação de Eficiência Energética de Edificações Residenciais
PHFT	Percentual de horas de ocupação dentro da faixa de temperatura
RAC	Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos
RMSE	Menor Raiz Quadrada do Erro Médio
RNA	Rede Neural Artificial
RTQ-C	Regulamento Técnico de Qualidade para o nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais
RTQ-R	Regulamento Técnico de Qualidade para o nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais
Tomáx	Temperatura anual máxima
Tomín	Temperatura anual mínima
U	Transmitância térmica
UHs	Unidades Habitacionais

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	OBJETIVO.....	16
1.2	JUSTIFICATIVA.....	17
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
2.1	BIM E A PARAMETRIZAÇÃO DOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS.....	19
2.2	INTEROPERABILIDADE ENTRE FERRAMENTAS (IFC E GBXML) E BENEFÍCIOS DA UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE CÓDIGO ABERTO.....	21
2.3	BIM E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	24
2.4	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES.....	26
2.5	INSTRUÇÃO NORMATIVA INMETRO PARA A CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS (INI-R)	29
3	MÉTODO.....	35
3.1	DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA.....	37
3.1.1	Configuração dos dados de entradas dos ambientes.....	41
3.1.2	Configuração dos dados de entradas das paredes.....	44
3.1.3	Configuração dos dados de entradas de pisos e coberturas.....	47
3.1.4	Configuração dos dados de entradas de portas e janelas.....	51
3.1.5	Integração dos dados preenchidos com a planilha modelo da INI-R e a obtenção dos resultados da interface para o cálculo dos ambientes por UH.....	53
3.2	APLICAÇÃO DA FERRAMENTA EM ESTUDO DE CASO.....	55
3.3	VALIDAÇÃO DA FERRAMENTA COM O PREENCHIMENTO MANUAL.....	60
4	RESULTADOS.....	62
4.1	FERRAMENTA DE INTEGRAÇÃO.....	62
4.2	RESULTADOS DOS PARÂMETROS DE PREDIÇÃO NOS ESTUDOS DE CASO.....	63
4.3	COMPARAÇÃO DA APLICAÇÃO ENTRE AS FERRAMENTAS.....	67
5	CONCLUSÕES.....	69
	REFERÊNCIAS.....	71
	APÊNDICE I.....	76
	APÊNDICE II.....	83

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

A crescente adoção de Modelos de Informação da Construção (*Building Information Modeling* - BIM), juntamente com os avanços tecnológicos da última década, proporcionaram uma oportunidade para a incorporação de soluções digitais nos processos de projeto. Nos próximos anos, aprimorar o desempenho energético de edifícios por meio da integração de modelos BIM com análises energéticas será uma prioridade para reduzir o uso de recursos, esforços e minimizar a ocorrência de erros, visando otimizar a eficiência energética de edificações (ABDI, 2017).

Promover técnicas de sustentabilidade na concepção e avaliação de edifícios requer um esforço integrado entre os profissionais da construção, instituições educacionais, reguladores e a indústria de maneira geral.

As edificações representam aproximadamente 1/6 (um sexto) do consumo de energia e 50% (cinquenta por cento) do consumo de eletricidade no Brasil, sendo um setor complexo e com diversos agentes de grande relevância econômica para o país (MME/EPE, 2020). Segundo os relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e da Agência Internacional de Energia (IEA), o consumo global de energia pode triplicar até 2050 e representar maior participação da cota dos edifícios nessa demanda (IEA, 2013 e IPCC, 2007). Estudos mostram que os edifícios são responsáveis por 1/3 (um terço) do consumo final global de energia e semelhante as de emissões de gás carbônico CO₂ (IEA, 2013).

As análises energéticas realizadas por meio da integração com modelos BIM permitem a simulação e a avaliação de diferentes aspectos relacionados ao consumo de energia. Nesse viés, a elaboração de interfaces simplificadas de análises energéticas é fundamental para disseminar o uso das simulações em escritórios, reduzindo o tempo gasto em modelagem e em análises de diferentes alternativas de projetos na etapa de anteprojeto e, assim, definir os principais conceitos de projetos que sofrerão poucas alterações no seu decorrer de fases (MENDES *et al.*, 2005).

Essas análises realizadas nas etapas iniciais de projeto permitem um maior potencial para explorar as especificações de materiais, detalhes construtivos e alternativas técnicas de projeto. As alterações realizadas nas concepções de projeto

evitam retrabalhos e possibilitam tomadas de decisões embasadas em dados, ao contrário dos ajustes realizados nas etapas finais de projeto.

A integração entre ferramentas BIM e ferramentas de análises energéticas (Building Energy Model – BEM) atualmente enfrenta desafios relacionados à interoperabilidade entre dados e informações, muitas vezes limitada pela dependência dos fabricantes de softwares que tendem a fornecer soluções de integração mais eficazes apenas dentro das suas próprias plataformas.

Diante disso, o IFC (Industry Foundation Classes), um formato aberto e neutro, é definido por ser uma especificação técnica que estabelece um formato interoperável para as trocas de informações de modelos BIM. O IFC desempenha um papel fundamental na integração entre o BIM e o BEM, ao permitir a representação completa e precisa das informações de projeto por armazenar informações dos elementos construtivos, materiais e suas relações e interações. A sua adoção permite a colaboração e integração entre diferentes disciplinas envolvidas em um projeto, além da possibilidade de análises mais abrangentes, incluindo as análises energéticas, de desempenho, estimativas de custos e outros benefícios.

A Instrução Normativa Inmetro para edificações residenciais (INI-R) se destaca como uma alternativa prática e eficiente para a classificação da eficiência energética das edificações residenciais. Essa normativa estabelece os critérios e os métodos para a classificação das edificações unifamiliares e multifamiliares, parte das edificações de uso misto e áreas comuns, condomínios de edificações residenciais, em projeto ou construídos, com o objetivo de promover a eficiência energética e permitir a etiquetagem das edificações (BRASIL, 2022).

Os eventos climáticos ocorridos com maior frequência na última década, como as ondas de calor que resultaram em temperaturas recordes em várias cidades do Brasil e períodos de baixa pluviosidade, destacaram a importância do planejamento para um consumo eficiente de energia nas edificações. Em resposta aos desafios globais, como a escassez de recursos energéticos, o aquecimento global e a degradação ambiental, o uso do BIM surge como uma alternativa promissora para o

projeto e para o desenvolvimento de edificações mais eficientes em termos energéticos.

1.1 OBJETIVOS

A pesquisa tem como objetivo geral o desenvolvimento de uma ferramenta para o preenchimento das informações de modelos BIM, por meio de arquivos IFC, para o metamodelo de avaliação da envoltória de edificações da INI-R.

Como objetivos específicos, buscou-se:

- Definir esquemas de organização dos dados de entrada para a INI-R a partir do modelo em IFC: esse esquema visa obter a mais adequada forma de agrupamento dos dados de entrada do método simplificado da INI-R de acordo com a classe de elemento IFC de forma a facilitar o processo da coleta e inserção dos dados para uma melhor integração entre o modelo em IFC e a plataforma web da INI-R.
- Desenvolver uma ferramenta para a conversão e o preenchimento dos dados de entrada da interface web da INI-R com o software Blender: é importante garantir a adequada integração entre os modelos BIM e o método simplificado da INI-R, de forma a assegurar que a ferramenta desenvolvida seja capaz de realizar a conversão dos dados de maneira correta e precisa.
- Avaliar e compreender as potencialidades das ferramentas de OpenBIM no fluxo de projetos com arquivos IFC: o objetivo é identificar e analisar as potencialidades da ferramenta de OpenBIM com a análise dos aspectos da qualidade da troca de informações, eficiência no fluxo de trabalho, exportação dos dados e manipulação do modelo.
- Investigar e validar a ferramenta desenvolvida, descrevendo os ganhos de tempo, organização e fluxo de trabalho em comparação com a abordagem manual do preenchimento dos dados.

1.2 JUSTIFICATIVA

O estudo apresenta a necessidade de uma ferramenta que facilite a conversão de modelos BIM, em formato IFC, para os parâmetros de entrada do método simplificado da INI-R. A interoperabilidade entre o BIM e ferramentas de análises energéticas ainda é um desafio, como já citado acima, o que dificulta aos projetistas a adoção de estratégias e decisões de projeto para a construção de edifícios mais sustentáveis. Atualmente, a conversão de dados de projeto em parâmetros de entrada para o método simplificado de avaliação energética da INI-R é, muitas vezes, um processo manual e trabalhoso, devendo-se fomentar a importância de uma implementação dessa interoperabilidade cada vez mais ampla que visa a redução de custos operacionais e benefícios ambientais.

Nesse viés, a importância desta pesquisa consiste em enriquecer a quantidade de aplicações e fluxos de trabalhos para avaliações energéticas simplificadas de modelos BIM, com formatos de arquivo em IFC.

Por fim, é importante mencionar que a adoção de ferramentas de código aberto e neutro contribui para o avanço e aperfeiçoamento contínuo dessas ferramentas, além dos benefícios como a redução de custos de aquisição de softwares e a liberdade para a personalização e adaptação destes softwares.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A dissertação é composta por cinco capítulos. O capítulo 1 é a Introdução, aqui redigida.

O capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica dos conceitos BIM e a parametrização dos elementos, abordando também a interoperabilidade de modelos BIM. São exploradas as relações entre o BIM e a eficiência energética, os processos de certificação energética brasileiros e especificamente a Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética Residenciais (INI-R).

O capítulo 3 aborda a metodologia da pesquisa, expondo o mapeamento e organização dos dados de entrada necessários para o cálculo do método simplificado

da INI-R, a elaboração da ferramenta para o preenchimento dos dados de acordo com a classe IFC dos elementos e da integração do arquivo IFC alimentado com a planilha modelo disponibilizada na interface web da INI-R. Além disso, o capítulo apresenta a aplicação dos estudos de caso utilizando dois softwares diferentes, Revit e ArchiCAD, para a aplicação da ferramenta desenvolvida. Para a validação da ferramenta, foi preenchida manualmente a planilha modelo para a comparação dos resultados dos dados de entrada e dos parâmetros de predição obtidos.

O capítulo 4 mostra os resultados obtidos com a aplicação do estudo de caso, os processos de integração com a planilha modelo para a geração dos parâmetros de predição por Ambiente de Permanência Prolongada (APP), assim como por Unidade Habitacional (UH). São apresentadas as principais comparações obtidas pela comparação dos arquivos IFC exportados do Revit e ArchiCAD, além disso, foram confrontados os resultados com o preenchimento manual da planilha.

No capítulo 5, são discutidas as conclusões da pesquisa, consolidando os principais pontos abordados, destacando as contribuições do trabalho para as pesquisas de integração de análises energéticas com modelos BIM e reforçando a relevância do estudo para o campo acadêmico e profissional. Além disso, são relatadas as principais dificuldades encontradas durante o desenvolvimento da pesquisa e quais oportunidades para outras pesquisas avançarem no tema.

Por fim, a lista de Referências que foram utilizadas para a produção desta dissertação.

Os Apêndices estão no volume 2. Optou-se por redigir separado pois são materiais de consulta para profissionais e pesquisadores interessados que podem auxiliar futuras pesquisas. No Apêndice I estão as Entradas da planilha geradas pela ferramenta e preenchimento manual, enquanto o Apêndice II aborda detalhadamente o Código da ferramenta.

CAPÍTULO 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No contexto da interoperabilidade entre modelos BIM e análises energéticas, este trabalho aborda conceitos e teorias entre áreas de estudo diferentes, mas que se relacionam: BIM, eficiência energética, Industry Foundation Classes (IFC) e os softwares *open-source*. Para a compreensão abrangente da pesquisa, buscou-se em artigos, teses, livros e manuais as principais definições que servirão como a fundamentação teórica para o desenvolvimento do estudo.

2.1 BIM E A PARAMETRIZAÇÃO DOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS

A Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling* - BIM) viabiliza aos projetistas o armazenamento de dados, possibilitando que o modelo virtual da construção seja otimizado e sustentado em análises e simulações nas quais haverá minimização de erros e de incompatibilidade nos projetos, beneficiando todo o ciclo de vida de um empreendimento.

Eastman *et al.* (2014) cita que a tecnologia BIM permite a criação de um modelo virtual preciso da edificação, construído de forma digital que, quando completo, pode conter a geometria e os dados relevantes e necessários para dar suporte à construção, à fabricação e ao fornecimento de insumos importantes para a realização da construção.

Andrade e Rushel (2009), mostra que a utilização do BIM pode ser representada por processos para a produção, comunicação e análise do modelo da construção através de um conjunto de procedimentos em que todos os participantes da cadeia da construção contribuem para a criação de um modelo virtual único do edifício.

O uso da tecnologia BIM possibilita aprimoramento na dinâmica, flexibilidade e racionalização do processo produtivo, desde a sua concepção, na forma de um modelo digital 3D, composto por um banco de dados único e consistente com informações multidisciplinares em relação às características físico-funcionais dos

componentes das edificações em todo o seu ciclo de vida, permitindo assim a parametrização dos objetos (CRESPO; RUSCHEL, 2007). A parametrização dos elementos no BIM beneficia a automatização de tarefas, como exemplo a geração de documentação, análises e simulações, que agregam valor ao produto final em desenvolvimento na etapa de projeto.

De acordo com Mororó *et al.* (2016), um dos principais objetivos do BIM é gerar um modelo da edificação, em que uma realidade futura pode ser simulada, contendo dados como informações relativas ao projeto e aos processos que permitem um maior controle ao empreendimento e integração entre os colaboradores.

A informação do modelo digital pode ser usada em diferentes vertentes de análises de projeto e, nesse contexto, o BIM é considerado uma revolução para a concepção das edificações contribuindo com as suas representações com caracterização similar a realidade da edificação para a sua otimização em fase de projeto.

A parametrização no contexto BIM está relacionada à capacidade de atribuir parâmetros e propriedades aos elementos do modelo digital da construção. A representação paramétrica apresenta diversas possibilidades para a seleção de valores no modelo de projeto, beneficiando diferentes tipos de atributos como variação dimensional, cor, escala e orientação por meio de um parâmetro. A parametrização permite aos objetos vincular ou receber, transmitir ou exportar conjuntos de atributos como informações de materiais estruturais, dados acústicos, dados de energia e similares para outras aplicações e modelos (EASTMAN *et al.*, 2014).

A utilização de um projeto paramétrico permite que os objetos sejam definidos usando dados em que cada instância de um elemento varie de acordo com os valores de seus parâmetros e suas relações contextuais. Uma forma de absorver esse entendimento é examinando a estrutura de uma família de paredes com seus atributos de forma e suas relações na qual a denominação de família de parede é usada porque é capaz de gerar muitas instâncias de paredes do seu tipo em diferentes localizações e com parâmetros variados (EASTMAN *et al.*, 2014).

2.2 INTEROPERABILIDADE ENTRE FERRAMENTAS E BENEFÍCIOS DA UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE CÓDIGO ABERTO

A interoperabilidade pode ser definida como a capacidade de diferentes softwares trocarem informações entre si, visando contribuir de maneira integrada para determinada finalidade proposta. Esses processos são fundamentais para a cadeia da construção civil, que apresenta diferentes disciplinas integradas em um projeto.

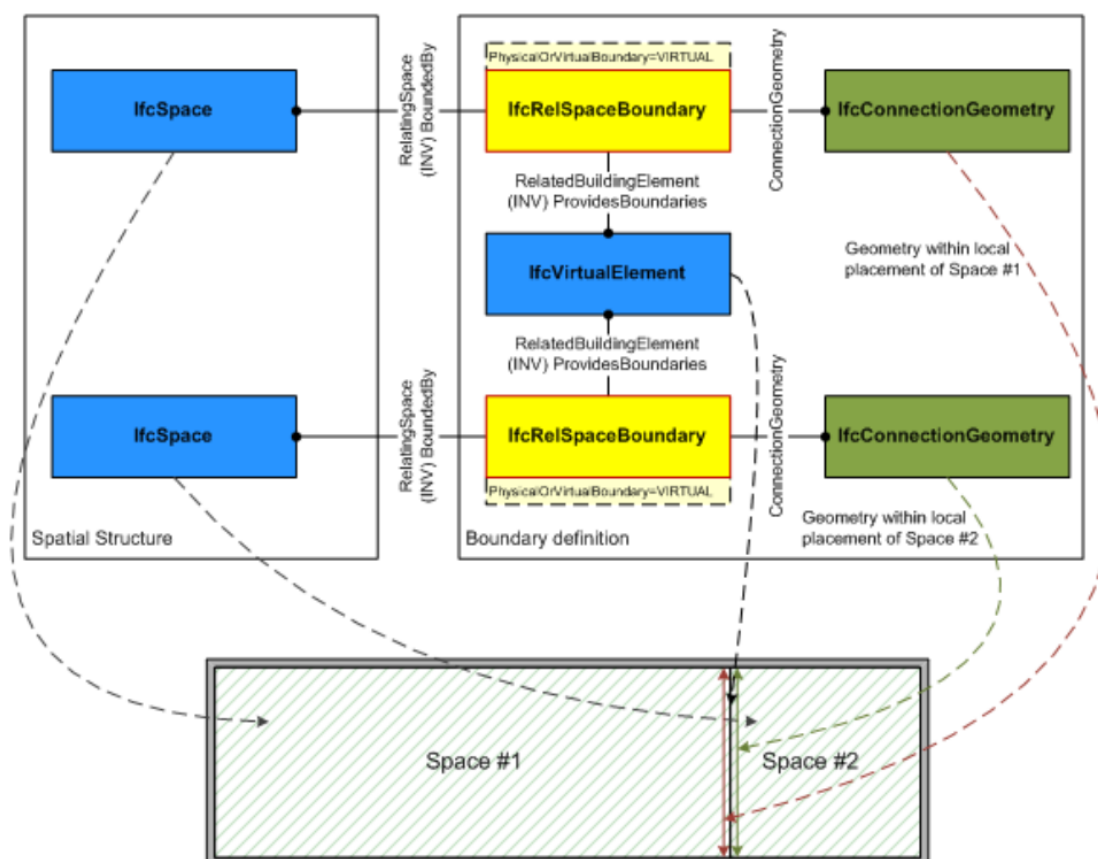
Segundo EASTMAN *et al.* (2014), a interoperabilidade representa a necessidade de passar dados entre aplicações, contribuindo o trabalho a se fazer para múltiplas aplicações. Ainda segundo os autores, a interoperabilidade elimina a necessidade de replicar a entrada de dados que já foram gerados e facilita o fluxo de trabalho, tornando-o mais leve e com maior automação.

A troca de dados entre diferentes softwares continua sendo um dos maiores desafios da indústria no caminho de uma completa e integrada colaboração entre equipes de projetos (CBIC, 2016). A vinculação da modelagem de informação da construção (BIM) e as simulações energéticas com esquema de dados de padrão aberto como o IFC e o gbXML são áreas de pesquisa em desenvolvimento, nas quais as informações dos elementos do modelo BIM são simplificadas em superfícies nas simulações energéticas (KIM *et al.*, 2014). Os dois principais formatos de arquivos que permitem, através de ferramentas BIM, a capacidade de armazenar e transportar a maior parte de dados necessários para simulação energética, com definição de zonas térmicas, propriedades térmicas de materiais, espessuras e propriedades do sistema HVAC são o Industry Foundation Classes (IFC) e o Green Building Extensible Markup Language (gbXML).

O IFC é um dos formatos de informação da tecnologia BIM que se utiliza do princípio de orientação e relacionamento entre entidades interligadas à construção. O `IfcRelSpaceBoundary`, uma entidade de relacionamento dos arquivos IFC, desempenha um papel fundamental em simulações e análises energéticas que requerem a relação entre os elementos do projeto. A BuildingSmart (2023) define o `IfcRelSpaceBoundary` como um delimitador físico ou virtual de um espaço em relação aos elementos circundantes, permitindo a associação dos elementos construtivos aos espaços aos quais estão inseridos. A figura 01 ilustra o diagrama da relação

IfcRelSpaceBoundary, que descreve como esse relacionamento obtém os elementos a que estão vinculados através do “RelatedBuildingElement” e pelo “RelatingSpace” aos espaços que estão anexados.

Figura 01 – Representação dos limites físicos e virtuais dos espaços pelo IfcRelSpaceBoundary



Fonte: BuildingSmart (2023).

A pesquisa de Bracht, Melo e Lamberts (2021) buscou mostrar a possibilidade de usar um metamodelo para carga térmica integrada com diferentes softwares BIM, utilizando os resultados em um formato de interoperabilidade de padrão aberto com o gbXML. Foi desenvolvida uma ferramenta de integração que respondeu positivamente às diferentes fontes de arquivo gbXML, mostrando uma pequena diferença para a previsão das cargas térmicas obtidas. A integração BIM-BEM totalmente automática não foi alcançada, reforçando a necessidade de padronização na implementação de

ferramentas de exportação para formatos abertos de interoperabilidade (IFC e gbXML) por parte dos fabricantes de software.

O openBIM permite a utilização de softwares de diferentes empresas com modelo aberto e neutro para a troca de informação entre eles, viabilizando um formato de arquivo que não seja proprietário de alguma empresa e, assim, dependente de licenças para a sua manipulação e visualização.

Os processos openBIM aprimoram a interoperabilidade para beneficiar projetos e ativos ao longo de seu ciclo de vida, proporcionando aos participantes desenvolver novas formas de trabalho que ajudam a conectar pessoas, processos e dados para atingir metas de entrega, operação e manutenção de ativos (BUILDING SMART. 2022).

Segundo a Building Smart (2022), os princípios do openBIM reconhecem que:

- A interoperabilidade é fundamental para a transformação digital no setor de ativos construídos.
- Padrões abertos e neutros devem ser desenvolvidos para facilitar a interoperabilidade.
- As trocas de dados confiáveis dependem de benchmarks de qualidade independentes.
- Os fluxos de trabalho de colaboração são aprimorados por formatos de dados abertos e ágeis.
- A flexibilidade de escolha da tecnologia cria mais valor para todas as partes interessadas.
- A sustentabilidade, relacionada a preservação dos dados, é protegida por padrões de dados interoperáveis de longo prazo.

Os softwares *open source* surgem como uma alternativa ao alto preço de licença encontrado em muitas ferramentas de simulação. Grande parte da comunidade científica acredita que a combinação de software livre com dados e padrões abertos cria um ambiente apto a acelerar as descobertas e auxiliar na resolução de desafios sociais interdisciplinares globais a partir da mudança do clima

com finalidade da construção de cidades sustentáveis (MOBASHERI; PIROTTI; AGUGIARO, 2020).

Um exemplo de software de padrão aberto é o Blender, gratuito para utilização comercial e pela licença GNU (General Public License), garantindo a liberdade de utilização do software sem a possibilidade de ser retirado de uso, ao contrário de versões de teste ou educativas de softwares proprietários.

O software Blender é um software livre e de código aberto para a criação de modelos digitais com seus sistemas compostos por modelagens 3D por malhas, materiais avançados, render e uma ampla programação de aplicativos baseados na linguagem Python que é integrada com a sua API (Application Programming Interface) (SOUTHALL; BILJECKI, 2017).

A interface do Blender, por ser flexível e personalizável para diferentes casos de uso, permite com a API Python a criação de plugins desenvolvidos para criar uma interface de usuário personalizada incorporada com elementos de exibição (SOUTHALL; BILJECKI, 2017). Os autores ainda mostram que essa API do Python é profundamente integrada, permitindo, assim, a especificação de dados e controle sobre os elementos de malha e manipulação da interface do Blender, possibilitando ao usuário criar interfaces personalizadas para controlar a criação e visualização de dados da malha.

2.3 BIM E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A Eficiência Energética é um fator determinante para o alinhamento do desenvolvimento econômico com menores valores de consumo de energia elétrica, principalmente para as edificações. No Brasil, o consumo de energia pelos edifícios residenciais apresentou uma das maiores taxas de crescimento no período de 1975-2015, representando um aumento médio anual de 5,7% (FOSSATI *et al.*, 2016).

Uma das abordagens utilizadas com a tecnologia BIM está relacionada com as ferramentas que permitem análises de eficiência energética das edificações. O uso da tecnologia BIM contribui para soluções sobre os impactos causados pelas atividades

da construção civil, permitindo uma ampliação na perspectiva de um futuro melhor e mais equilibrado para o planeta (MATTANA; LIBRELOTTO, 2017).

Um desafio significativo a ser superado para a barreira da integração BIM-BEM é o grande número de parâmetros de entrada, tanto geométricos quanto de materiais necessário para executar as ferramentas de simulação de energia. O banco de dados BIM auxilia os projetistas na criação de qualquer modelo embutido com informações de materiais específicos, contribuindo para uma decisão rápida na fase inicial de projeto.

A etapa inicial de projetos é a fase para identificar os fatores ambientais críticos que influenciam o projeto de edificações, momento em que a compreensão dos problemas de projetos com as condições climáticas aumenta as possibilidades de tomar as decisões iniciais de projeto antes da construção de um edifício. Nessa fase os resultados são analisados com base em dados e julgamentos pessoais que decorrem da experiência e da compreensão dos danos ambientais (ROUDSARI, 2013).

De acordo com Eastman *et al.* (2014), o desenvolvimento de um modelo esquemático antes de gerar o modelo detalhado da construção viabiliza uma avaliação do esquema proposto com a finalidade de verificação do cumprimento dos requisitos funcionais e de sustentabilidade da construção, com possíveis avaliações fundamentadas em alternativas de projeto utilizando ferramentas de análise/simulação para incrementar a qualidade das edificações.

Avaliações técnicas baseadas em ferramentas de análise e simulação garantem que a edificação seja projetada com base em aspectos ambientais e sustentáveis, resultando em construções que minimizam o consumo de energia, tanto em localizações com clima quente quanto em climas frios. É necessário que a edificação reflita o ambiente em que está sendo construída, fatores como a orientação e os materiais devem ser escolhidos para maximizar os efeitos curativos em climas frios e quentes (INGRAM, 2020).

O computador desempenhou um papel fundamental no desenvolvimento de modelos de edificações, permitindo a representação e avaliação do seu conforto

térmico, pelo motivo da avaliação ser considerada complexa e envolver uma grande quantidade de variáveis independentes e conceitos multidisciplinares (MENDES *et al.*, 2005).

As ferramentas baseadas na tecnologia BIM têm grande potencial de auxílio ao projeto podendo ser incorporadas desde a fase de análise até a fase de síntese e, portanto, podem ser uma parte ativa do processo de projeto desde o seu início (THUESEN; KIRKEGAARD; JENSEN, 2010). A eficiência energética na arquitetura deveria ser um atributo inerente a todos os edifícios, pois representa um forte potencial para proporcionar conforto (térmico, visual e acústico) aos usuários com baixo consumo de energia (FREIRE; AMORIM, 2011; MELO *et al.*, 2016).

A prática de projetar com enfoque para o desempenho das edificações deve levar em consideração as características culturais e as condições climáticas, assim como os custos ambientais e econômicos (MELHADO, 2001). Os processos de modelagem energética da edificação (BEM) podem ser utilizados para prever o uso e o comportamento da edificação, estimando e comparando o desempenho de várias alternativas de projeto e identificando alterações potenciais para reduzir o consumo de energia (REEVES; OLBINA; ISSA, 2012).

Além disso, o BIM pode aumentar a eficiência na comunicação com ferramentas de análises energéticas, facilitando a entrada de dados para simulação e, portanto, permitindo mais cenários para serem investigados (MAILE *et al.*, 2007).

A vinculação do modelo da construção e ferramentas de análise energética permite, também, a avaliação com possibilidade de modificações em fases preliminares de projeto, diferentemente das ferramentas tradicionais 2D, que requerem análises de energia separadas ao final do processo de projeto (EASTMAN *et al.*, 2014).

2.4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES

O desenvolvimento econômico está alinhado com o aumento do consumo energético, necessitando, assim, de medidas que promovem a eficiência energética,

além de certificações e avaliações que estimulem edificações energeticamente eficientes.

A energia é um recurso e fator essencial para o desenvolvimento econômico e social de um país (ZOU *et al.*, 2018). O desenvolvimento do programa Brasileiro de Etiquetagem do Inmetro surgiu em 1984 com o objetivo de informar aos consumidores sobre a eficiência energética de aparelhos e equipamentos através de etiquetagem, sendo as primeiras medidas relacionadas à conservação ao uso adequado de energia no Brasil (MELO *et al.*, 2016). Para a avaliação do desempenho térmico, é necessário o cálculo ou medição a partir de algum valor de referência ou estrutura, podendo ser representados através de parâmetros característicos dos edifícios, como a transmitância das paredes (U), ou avaliações com base no consumo geral de energia (BORGSTEIN *et al.*, 2016).

No Brasil, apenas em 2001 com a chamada “Crise do Apagão”, que ocasionou a interrupção no fornecimento de energia elétrica, é que se observaram alguns avanços quanto às políticas de eficiência energética (COSTA; ALVAREZ; MARTINO, 2021).

As primeiras etapas do desenvolvimento de uma política de melhoria nos níveis de eficiência energética no país através de normalização ocorreram no ano de 2001. Em outubro daquele ano, o Governo Federal publicou a Lei nº 10.295, a qual determina que os equipamentos consumidores de energia produzidos no país ou importados, bem como as edificações construídas no país, deverão atender a requisitos mínimos de eficiência energética (COSTA; ALVAREZ; MARTINO, 2021).

Em 2003, ocorreu o lançamento do programa denominado PROCEL Edifica pelo governo Brasileiro por meio do Plano de ocupação para Eficiência energética em Edifícios, visando reduzir o consumo de eletricidade no setor da construção civil (BRASIL, 2001). A regulamentação energética brasileira foi implementada em 2009, com o RTQ-C, por meio de métodos simplificados e de simulação que classificam as edificações em cinco níveis: “A” (mais eficiente) e “E” (menos eficiente) (MELO *et al.*, 2016).

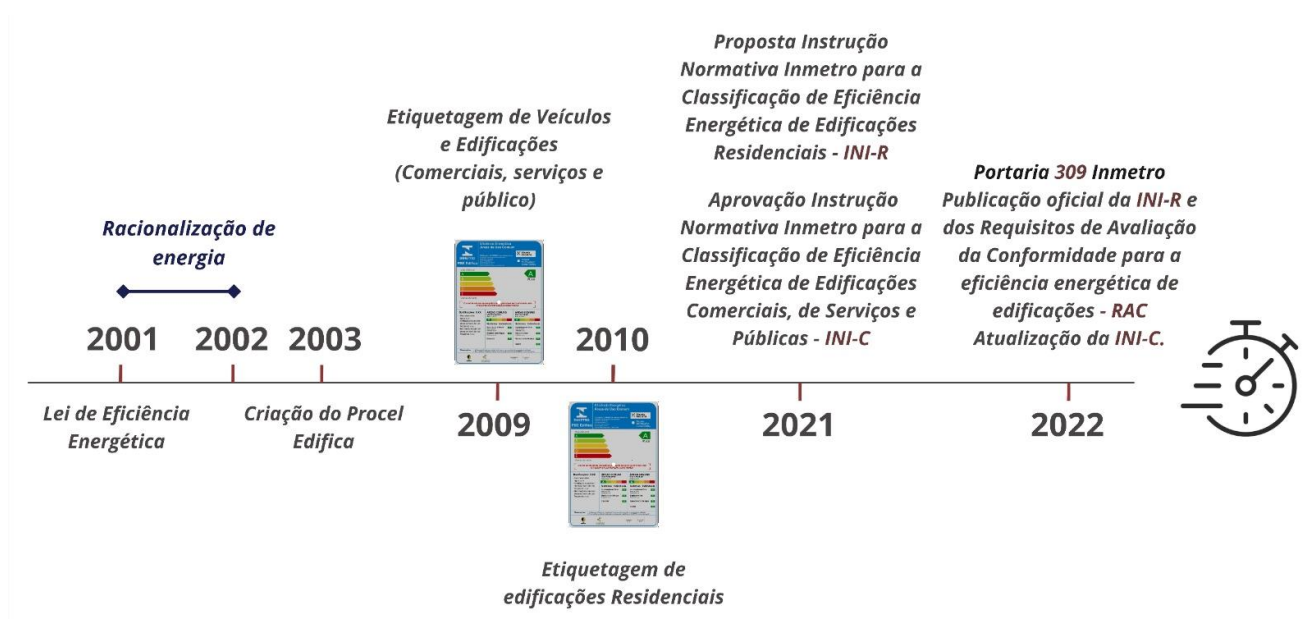
Em 2021, foi publicada uma proposta de aprimoramento do RTQ-C, a Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações

Comerciais (INI-C), sustentando um novo método que utiliza diretamente o consumo de energia de edificação como parâmetro de avaliação e comparando-o com condições de referência (MEDEIROS; SOUZA, 2022). No mesmo ano foi lançada a proposta da Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (INI-R) que irá substituir o método de etiquetagem vigente, o Regulamento Técnico de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) (ROSA; MELO; LAMBERTS, 2018).

A Portaria 309 do INMETRO, publicada em 2022, decretou oficialmente a INI-R e os Requisitos de Avaliação de Conformidade (RAC), bem como atualizou a INI-C. A implementação dessas certificações contribui para a transformação do setor imobiliário para a construção de edificações sustentáveis, sendo um marco que proporciona análises mais abrangentes e precisas em fase de projeto e de construção.

A figura 02 apresenta a linha do tempo dos processos de certificação energética no Brasil, demonstrando desde os primeiros passos com a criação da Lei de Eficiência Energética em 2001, criação do Procel em 2003 até a evolução do RTQ-R e RTQ-C para a publicação da INI-C, INI-R e dos Requisitos de Avaliação de Conformidade para a eficiência energética de edificações (RAC).

Figura 02 – Linha do tempo dos processos de certificação energética



Boldrini, Fossati e Pereira (2020), entrevistaram vinte e nove escritórios de arquitetura em relação ao conhecimento do processo de etiquetagem brasileira de edificações, demonstrando que todos os escritórios possuíam conhecimento da etiquetagem, mas somente 30% (trinta por cento) tinham ciência das informações necessárias para o processo de etiquetagem. Apesar de cinco escritórios conhecerem as informações necessárias para a etiquetagem, apenas dois deles (8% - oito por cento) apresentaram algum projeto etiquetado, sendo assim pouco aplicadas as avaliações de eficiência energética em projetos de arquitetura (BOLDRINI; FOSSATI; PEREIRA, 2020).

2.5 INSTRUÇÃO NORMATIVA INMETRO PARA A CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS (INI-R).

Fossati et al. (2016) apresentaram em seu artigo uma breve visão geral das regulamentações mundiais sobre a eficiência energética e discutiram particularmente sobre o regulamento para Etiquetagem de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais Brasileiros.

Nesse sentido, Melo et al. (2016) desenvolveram um estudo com o objetivo de elaborar um substituto de um modelo mais preciso para prever a demanda anual de energia de resfriamento para edifícios comerciais. Os resultados do estudo mostraram que o modelo substituto de Redes Neurais Artificiais (RNA) forneceu a melhor dispersão e a menor raiz quadrada do erro médio (RMSE), ao comparar o modelo RNA com todos os outros modelos substitutos estudados, verificou-se que a RNA resultou em um erro percentual de 0,6%, sendo indicado o uso do RNA para prever um modelo substituto na qual em cem mil casos apresentaram um erro médio menor que 1%.

Os metamodelos podem ser entendidos como um método para construir modelos rápidos e simplificados que correlacionam entradas e saídas com modelos matemáticos mais complexos. Apresenta como vantagem a capacidade de realizar uma previsão a partir de um número reduzido de parâmetros com menor tempo de execução.

A adoção de um modelo substituto para a avaliação da demanda de energia para o resfriamento anual permite um cálculo rápido, quando comparado com o método de análise por simulação (MELO et al., 2016). O uso de métodos precisos e com tempo de aplicação menor que o de simulação, favorece para que mais edificações sejam avaliadas do ponto de vista energético e, assim, contribuir para edificações mais eficientes.

A publicação da Instrução Normativa Inmetro para a Classe de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (INI-R) estabelece um papel fundamental ao estabelecer os critérios e métodos para classificação de diversas tipologias de edificações residenciais (BRASIL, 2022). A estimativa do consumo de energia poderá ser realizada através de três métodos segundo a instrução normativa: o método prescritivo, o simplificado e o de simulação.

Borgstein et al. (2016) definiram no seu estudo que a consideração-chave das técnicas de avaliação de construção é a adequação ao propósito, sendo possível a utilização de modelos simplistas em alguns casos e a simulação detalhada ou auditoria energética em outras situações. Os principais métodos comparados pelo autor se referem aos cálculos de engenharia, simulação, métodos estatísticos e o *machine learning*. Nesse sentido, os métodos prescritivo e simplificado podem ser mais aconselhados para avaliações em etapa de concepção de projetos e o método de simulação para edificações com geometrias mais complexas ou que possuam estratégias ou inovações diferenciais (fachada ventilada, iluminação natural, ventilação híbrida, e etc.).

O método simplificado da INI-R compreende grande parte das soluções arquitetônicas mais difundidas em edificações residenciais, mas apresenta limitações nos valores dos parâmetros construtivos, valores divergentes fora do intervalo entre os limites máximo e mínimo devem ter o modelo avaliado pelo método de simulação (BRASIL, 2022). A tabela 01 mostra os valores dos limites de aplicação para os parâmetros construtivos para aplicação do método simplificado:

Tabela 01 – Limites de aplicação do método simplificado da INI-R

Parâmetro	Limites do método	
	Mínimo	Máximo
Absortância solar da cobertura	0,20	0,90
Absortância solar das paredes externas	0,20	0,90
Ângulo horizontal de sombreamento da fachada direito e esquerdo (AHFD e AHFE)	0 °	80 °
Ângulo vertical de sombreamento da fachada (AVSFAC)	0 °	55 °
Ângulo vertical de obstrução do entorno (AVE)	0 °	60 °
Área de piso do ambiente de permanência prolongada	5 m ²	100 m ²
Área do ambiente de permanência transitória	2 m ²	100 m ²
Área de superfície dos elementos transparentes	0 m ²	60 m ²
Capacidade térmica da cobertura (CT _{cob})	25 kJ (m ² .K)	500 kJ (m ² .K)
Capacidade térmica das paredes externas (CT _{par})	26 kJ (m ² .K)	400 kJ (m ² .K)
Capacidade térmica do piso (CT _{piso})	25 kJ (m ² .K)	440 kJ (m ² .K)
Ângulo de desvio da parede norte em relação ao norte verdadeiro	-45 °	45°
Dimensão horizontal da parede externa (por orientação)	0 m	15 m
Dimensão horizontal da parede interna em contato com sala	0 m	65 m
Dimensão horizontal da parede interna em contato com dormitório	0 m	60 m
Dimensão horizontal da parede interna em contato com APT	0 m	50 m
Área efetiva de abertura para ventilação	0 m ²	60 m ²
Fator solar do elemento transparente (FS)	0,20	0,87
Pé-direito (PD)	2,40 m	7,50 m
Transmitância térmica da cobertura (U _{cob})	0,45 W/m ² . K	3,80 W/m ² .K
Transmitância térmica das paredes externas (U _{par})	0,24 W/m ² . K	4,40 W/m ² . K
Transmitância térmica do piso (U _{piso})	0,70 W/m ² . K	4,10 W/m ² . K
Transmitância térmica do elemento transparente	2,50 W/m ² . K	5,87 W/m ² . K

Fonte: Adaptado de BRASIL (2022)

As propriedades térmicas da envoltória devem ser sustentadas pela parte 2 da NBR15220 em sua versão vigente ou atualização que venha a substituí-la, podendo ter, também, os parâmetros definidos conforme o Anexo III do RAC (BRASIL, 2022).

Caso algum critério do procedimento simplificado não seja atendido, por um ou mais ambiente de permanência prolongada, toda a avaliação da UH deverá ser realizado por meio do procedimento de simulação computacional (ABNT, 2021a).

A avaliação da envoltória pelo método simplificado da INI-R considera os seguintes critérios de desempenho, estabelecidos pela ABNT NBR 15575-1, apresentado a relação entre os critérios de desempenho para cada ambiente de permanência prolongada e da unidade habitacional como um todo:

- Percentual de horas de ocupação dentro da faixa de temperatura (**PHFT**):

O PHFT é calculado para cada Ambiente de Permanência Prolongada (APP), para a obtenção do PHFT da UH é realizado a partir da média aritmética entre os valores de todos os ambientes de permanência prolongada (ABNT, 2021a).

- Temperatura anuais máxima (**Tomáx**):

A temperatura operativa anual máxima da UH é o maior valor de temperatura máxima entre os valores da APP (ABNT, 2021a).

- Temperatura anuais mínima (**Tomín**):

A temperatura operativa anual mínima da UH é o menor valor de temperatura mínima entre os valores da APP (ABNT, 2021a).

- Carga térmica de refrigeração (**CgTR**) e de aquecimento (**CgTA**);

De acordo com a ABNT NBR 15575-1, a carga térmica de aquecimento ($CgTA_{UH}$) e a carga térmica de refrigeração ($CgTR_{UH}$) de uma Unidade Habitacional (UH) devem ser calculadas com base nas cargas térmicas de aquecimento e refrigeração para cada ambiente de permanência prolongada, $CgTA_{APP,i}$ e $CgTR_{APP,i}$

respectivamente. As equações 1 e 2 a seguir demonstram como obter esses dois valores para a UH para a carga térmica de aquecimento ($CgTA_{UH}$) e para carga térmica de refrigeração ($CgTR_{UH}$), respectivamente.

$$CgTA_{UH} = \sum_{i=1}^n CgTA_{APP,i} \quad (1)$$

Em que:

- $CgTA_{UH}$: É a carga térmica de aquecimento da UH, expressa em quilowatts-hora por ano (kWh/ano);
- $CgTA_{APP,i}$: É a carga térmica de aquecimento do APP i, expressa em quilowatts-hora por ano (kWh/ano);
- n : É o número de ambientes de permanência prolongada da UH.

$$CgTR_{UH} = \sum_{i=1}^n CgTR_{APP,i} \quad (2)$$

Em que:

- $CgTR_{UH}$: É a carga térmica de refrigeração da UH, expressa em quilowatts-hora por ano (kWh/ano);
 - $CgTR_{APP,i}$: É a carga térmica de refrigeração do APP i, expressa em quilowatts-hora por ano (kWh/ano);
 - n : É o número de ambientes de permanência prolongada da UH.
- Carga térmica total (**CgTT**).

Com os dois valores das cargas térmicas para a unidade habitacional (UH), é possível calcular a carga térmica total da UH ($CgTT_{UH}$). Se a edificação estiver localizada em uma região com a temperatura externas de bulbo seco inferior a 25 °C, a carga térmica total da UH é a soma das duas cargas térmicas de aquecimento e refrigeração e caso seja igual ou maior que 25 °C é igual a carga térmica de refrigeração da UH.

A ABNT NBR 15575-1 descreve que, pelo método prescritivo, a classificação da envoltória é realizada por meio da comparação das características geométricas dos APP e das propriedades térmicas dos sistemas construtivos relacionadas aos valores de referência destes parâmetros. No procedimento simplificado e de simulação, a

classificação é baseada no percentual de redução do consumo de energia primária, comparando ao consumo da edificação no modelo real com as mesmas características de referência, equivalente a classe C (ABNT, 2021a).

CAPÍTULO 3. MÉTODO

A metodologia da pesquisa foi estruturada de forma a abordar todos os processos realizados na pesquisa, iniciando pelo mapeamento dos dados de entrada até o detalhamento da criação da ferramenta.

Inicialmente, foram mapeados todos os dados de entrada da planilha modelo da interface da INI-R por meio da ferramenta de lousa digital Miro. Essa etapa permitiu uma compreensão dos dados de entrada e como seriam organizados, classificando-os por classe IFC. Além disso, o mapeamento permitiu distinguir os dados que seriam preenchidos manualmente e aqueles que seriam obtidos diretamente do modelo IFC.

No software Blender, versão 3.5, foram exploradas técnicas de programação para a modificação de arquivos IFC, abrangendo desde a obtenção e manipulação de Psets do IFC até a criação da interface visual da ferramenta. O Blender oferece recursos tanto para a programação visual quanto para a programação textual, no presente trabalho, optou-se pela textual por conta da capacidade de criar uma interface personalizada para o preenchimento e integração dos dados além da versatilidade que oferece para o desenvolvimento da ferramenta.

Posteriormente, no Blender, foi desenvolvida uma ferramenta, em linguagem Python, com o objetivo de preencher automaticamente os dados de entrada da planilha modelo da INI-R a partir do modelo IFC que foi importado no Blender pelo add-on BlenderBIM v0.0.230304¹. O script, além de automatizar o preenchimento dos dados com a planilha, foi desenvolvido para interoperar os dados com a planilha modelo da INI-R de maneira que ela esteja pronta para ser carregada na sua interface web e assim obter os resultados dos parâmetros prescritivos calculados.

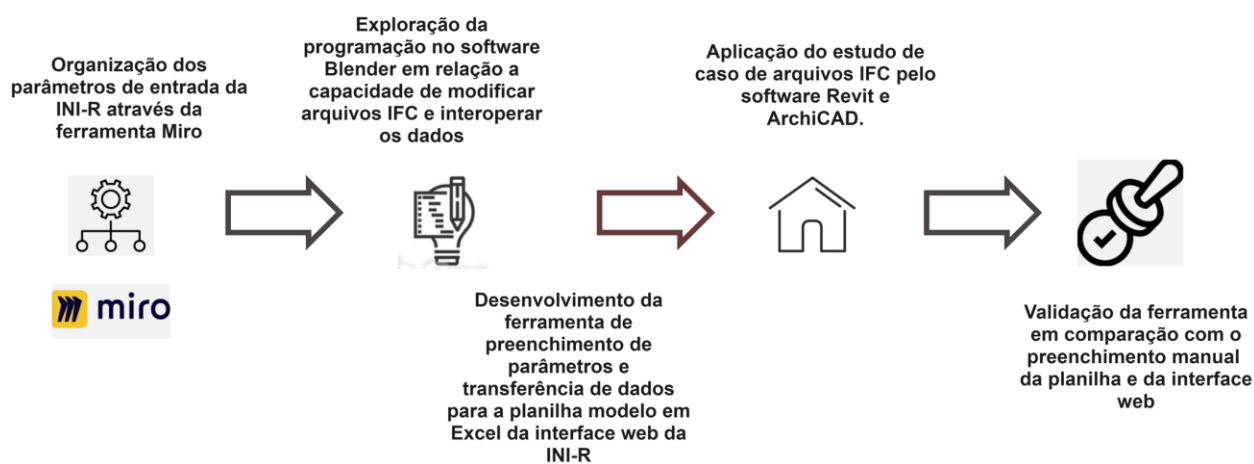
Para a integração dos dados, optou-se por utilizar o arquivo em formato Excel fornecido pela interface web da norma. Essa escolha foi feita devido à flexibilidade que o Excel oferece, o que permite garantir a conferência e integridade dos dados de forma confiável.

¹ <https://blenderbim.org/index.html>

O método de cálculo utilizando a planilha Excel na interface da INI-R gera como resultados os valores de CgTA, CgTR, PHiFT, PHsFT, Tomin e Tomáx para cada Ambiente de Permanência Prolongada (APP). Dessa forma, foi inserida na ferramenta uma etapa de carregar a planilha dos resultados da interface para exibir na ferramenta desenvolvida os parâmetros de predição por Unidade Habitacional (UH).

Foram desenvolvidos dois tipos de edificações como estudo de caso, com a utilização de arquivos IFC exportados dos softwares Autodesk Revit 2023 e Graphisoft ArchiCAD 26, como forma de aplicar a ferramenta. Os estudos de caso foram fundamentais para avaliar a ferramenta desenvolvida no Blender e explorar as principais contribuições que ela oferece aos projetistas. Após, foi realizada uma validação comparativa entre a obtenção dos dados e preenchimento de forma manual dos parâmetros da interface web da INI-R com os resultados obtidos com a utilização da ferramenta. A figura 03 ilustra os processos adotados como a metodologia da pesquisa.

Figura 03 - Metodologia da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor

A pesquisa apresentou como abrangência obter os parâmetros resultantes utilizando o método simplificado da INI-R para o modelo real de uma edificação, de maneira a proporcionar a comparação de alternativas de projetos com base nos resultados dos parâmetros.

Para a classificação final da envoltória da Unidade Habitacional (UH) pelo método simplificado da INI-R, é necessário etapas complementares não abrangidas na pesquisa. Primeiramente, calculam-se os parâmetros para o modelo de referência, com os valores considerando as características impostas pela seção 11.4.7.2 da ABNT NBR 15575-1. Com os valores de referência deve-se calcular o incremento do PHFTUH real com o PHFTUH de referência, analisar as temperaturas operativas anuais máximas e mínimas da UH. Depois, avaliar a redução da carga térmica total da UH no modelo real e de referência em porcentagem e verificar o incremento mínimo do PHFT e, por fim, redução mínima do CgTTUH, real.

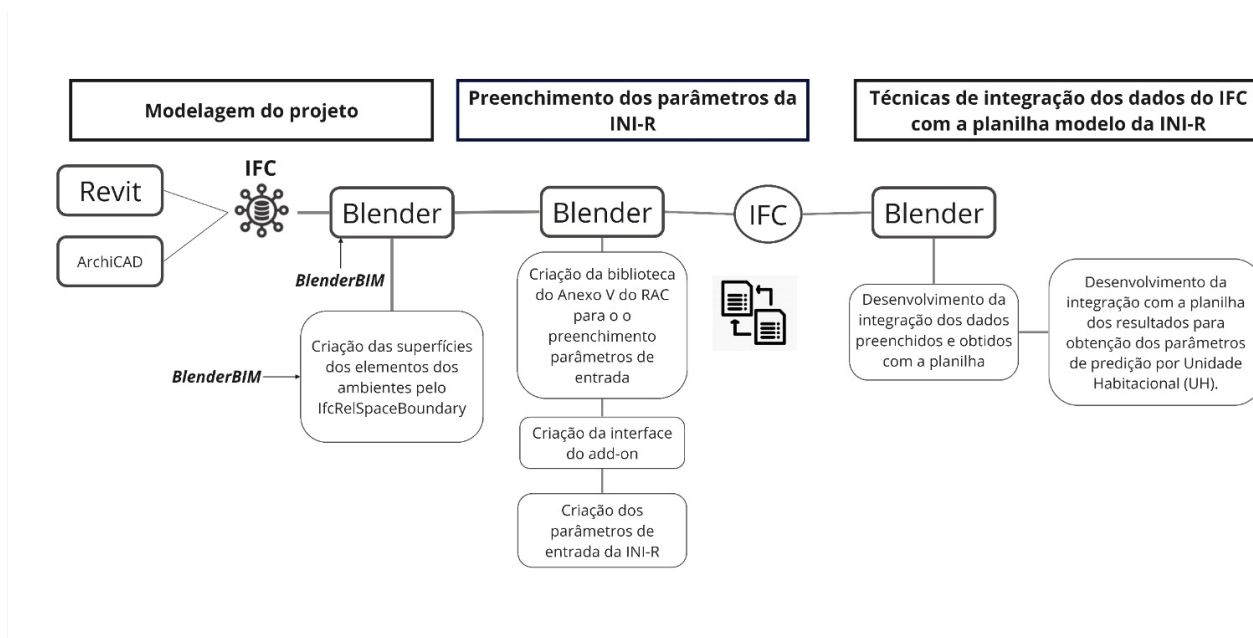
A pesquisa apresentou também como abrangência a aplicação em edificações multifamiliares em que devem ser avaliadas nesse caso por UH da edificação, importadas separadamente no Blender. Para as edificações multifamiliares devem ser seguidas as premissas do item 11.4.7.1 da NBR 15575-1.

3.1 DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA DE INTEGRAÇÃO

A ferramenta desenvolvida no Blender para criar e preencher os parâmetros da planilha modelo da INI-R foi elaborada em linguagem Python 3.10.9, utilizando as bibliotecas *ifcopenshell* para manipular os arquivos IFC e *Openpyxl* para integrar os dados obtidos com a planilha Excel modelo da INI-R, sendo uma biblioteca externa do Python e necessária a sua instalação. O add-on BlenderBIM foi utilizado para importar o arquivo IFC e oferecer suporte aos processos de manipulação do modelo, que serão necessários para o preenchimento dos dados e integração com a planilha.

No desenvolvimento da ferramenta de integração no Blender, foram realizadas as seguintes etapas: obtenção da geometria do projeto simplificada para base de análises energéticas, preenchimento e obtenção dos parâmetros de entrada do método simplificado da INI-R e integração dos dados preenchidos do IFC com a planilha Excel. Essas etapas são ilustradas na figura 04:

Figura 04 – Fluxo do processo de preenchimento e integração do modelo BIM com a planilha modelo da INI-R.



Fonte: Elaborado pelo autor.

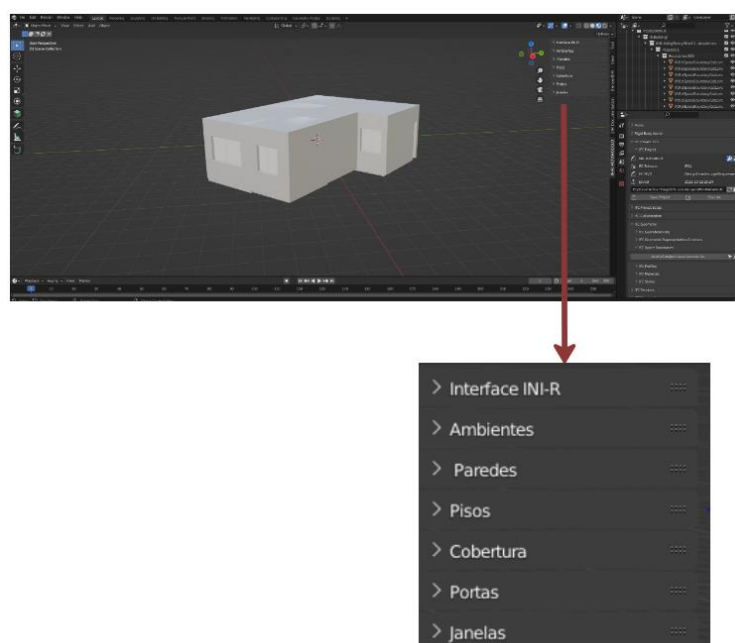
Na etapa de modelagem da geometria do projeto, o arquivo IFC é exportado pelo software nativo do projeto e, posteriormente, aberto no Blender utilizando o add-on BlenderBIM. Essa ferramenta desempenha um papel fundamental ao gerar os IfcRelSpaceBoundary dos elementos, que servirão como base para a classificação e relação das superfícies de acordo com os ambientes e elementos do projeto que tiverem uma relação, bem como para o preenchimento de algumas das informações dos parâmetros de entrada do metamodelo.

Em seguida, na etapa de manipulação dos parâmetros da INI-R, foi desenvolvida uma interface dentro do add-on para permitir a criação e o preenchimento dos parâmetros de entrada do metamodelo. Além disso, existe a possibilidade de escolher a opção dos parâmetros construtivos do Anexo III do RAC, como forma de agilizar o preenchimento dos parâmetros de acordo com a classificação dos elementos preenchidos.

Para a integração dos dados, foi utilizada a biblioteca *Openpyxl*, que possibilitou o preenchimento automático da planilha disponibilizada pela interface web da INI-R. Essa integração é fundamental para garantir a precisão e conferência dos dados extraídos. Posteriormente, os resultados podem ser carregados na interface web pelo usuário para a obtenção dos valores calculados.

O add-on desenvolvido apresenta funções para isolar os elementos de acordo com a classe IFC para o preenchimento dos dados, efetuar os cálculos dos parâmetros e preparação dos dados para preencher automaticamente a planilha Excel classificados por ambientes de APP analisado. Todas as funcionalidades foram classificadas de acordo com os tipos de elementos construtivos e suas respectivas classes IFC, visando facilitar o preenchimento e manipulação do modelo BIM. A figura 05 mostra de forma geral a categorização das abas do add-on desenvolvido.

Figura 05 – Interface da ferramenta de integração com a divisão de abas para preenchimento dos parâmetros e integração com a interface web da INI-R.



Fonte: Elaborado pelo autor.

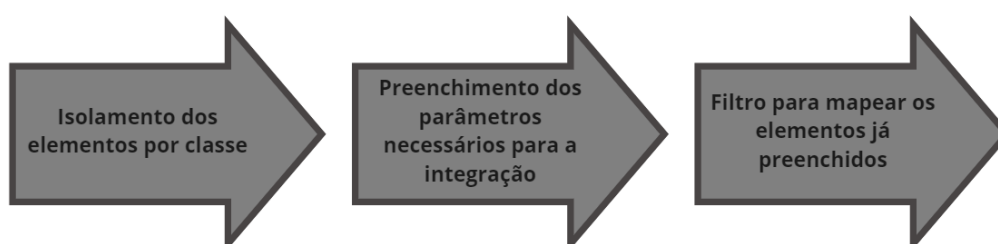
Em cada aba correspondente a um elemento construtivo específico, como ambientes, paredes, pisos, coberturas, portas e janelas, foi desenvolvido um botão que permite isolar os elementos pertencentes a essa classe. Essa funcionalidade é

útil pois permite ao usuário que filtre e visualize apenas os elementos que estão sendo trabalhados no momento de preenchimento dos dados, eliminando geometrias desnecessárias.

Nas seções específicas para cada tipo de elemento, foram desenvolvidos campos para o preenchimento dos dados que foram mapeados no Miro. Alguns desses dados são registrados manualmente, enquanto outros são calculados ou obtidos a partir da geometria do modelo. A organização por seções proporciona ao usuário a capacidade de concentrar a atenção em determinada classe de preenchimento, podendo visualizar e interagir com os campos de preenchimento específicos para cada seção. Esse tipo de abordagem permite que o usuário trabalhe de forma mais organizada e assertiva ao lidar com a grande quantidade de dados de entrada necessários pela análise do método simplificado da INI-R.

A figura 06 representa resumidamente o fluxo de preenchimento dos parâmetros, demonstrando as etapas de filtragem, seleção de opções, inserção de valores números e configuração de opções booleanas, visando a criação e o preenchimentos dos parâmetros dos elementos construtivos presentes nos Psets do arquivo IFC.

Figura 06 – Fluxo para cada aba de entrada da ferramenta de integração.

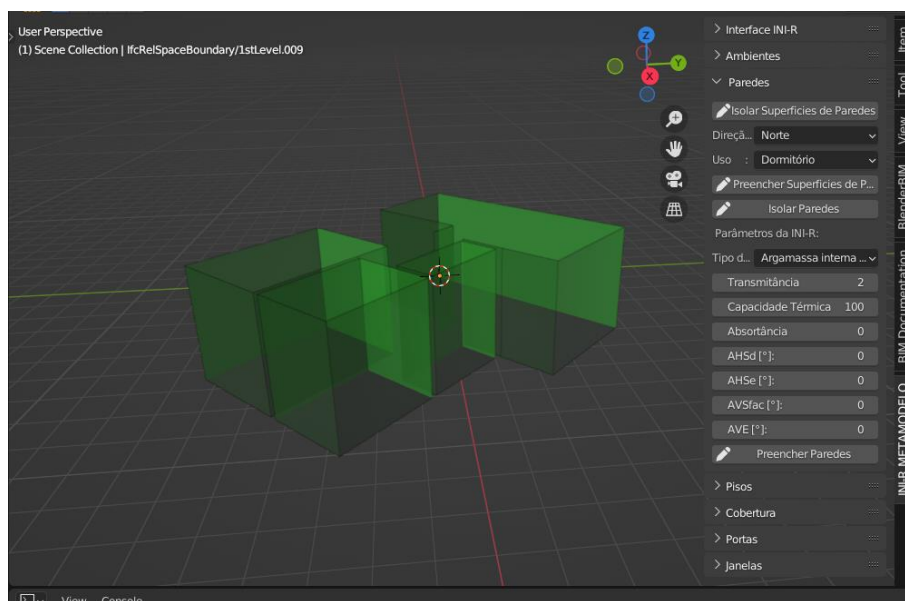


Fonte: Elaborado pelo autor.

Com o objetivo de facilitar a identificação dos elementos preenchidos, a ferramenta apresenta um recurso de filtragem que destaca na cor verde os elementos que já foram preenchidos. Esse filtro permite que o usuário visualize de forma rápida

e clara os elementos que configurados, evitando a redundância e garantindo a conclusão rápida do preenchimento de todos os elementos necessários. A figura 07 ilustra a aplicação do filtro.

Figura 07 – Exemplo de preenchimento com filtro de elementos já preenchidos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A seguir, serão apresentados detalhadamente, por seção de elementos, a organização e o desenvolvimento de todas as informações necessárias para a obtenção dos parâmetros de entrada, levando em consideração a classificação IFC de cada elemento.

3.1.1 Configuração dos dados de entradas dos ambientes

Os ambientes modelados no softwares Revit e ArchiCAD e representados pela classe IFC, *IfcSpace*, representam um papel fundamental nas análises pelo método simplificado da INI-R, especialmente por conta do parâmetro booleano que determina se o *IfcSpace* é considerado um ambiente de permanência prolongada, definindo, assim, o número de APP, a área de APT e os ambientes que serão preenchidos pela planilha.

Os dados de área do ambiente e de pé-direito são extraídos automaticamente com base no arquivo IFC importado no Blender e são ilustrados na tabela 02, com a indicação do conjunto de quantidades e o nome das propriedades obtidas do IFC.

Tabela 02 – Mapeamento dos parâmetros geométricos obtidos para os ambientes.

Parâmetro	Método de obtenção	Nome do Conjunto de Propriedade/ Quantidade	Propriedade
Área do APP	Automático	Qto_SpaceBaseQuantities	NetFloorArea
Pé Direito	Automático	Qto_SpaceBaseQuantities	Height

Fonte: Elaborado pelo autor.

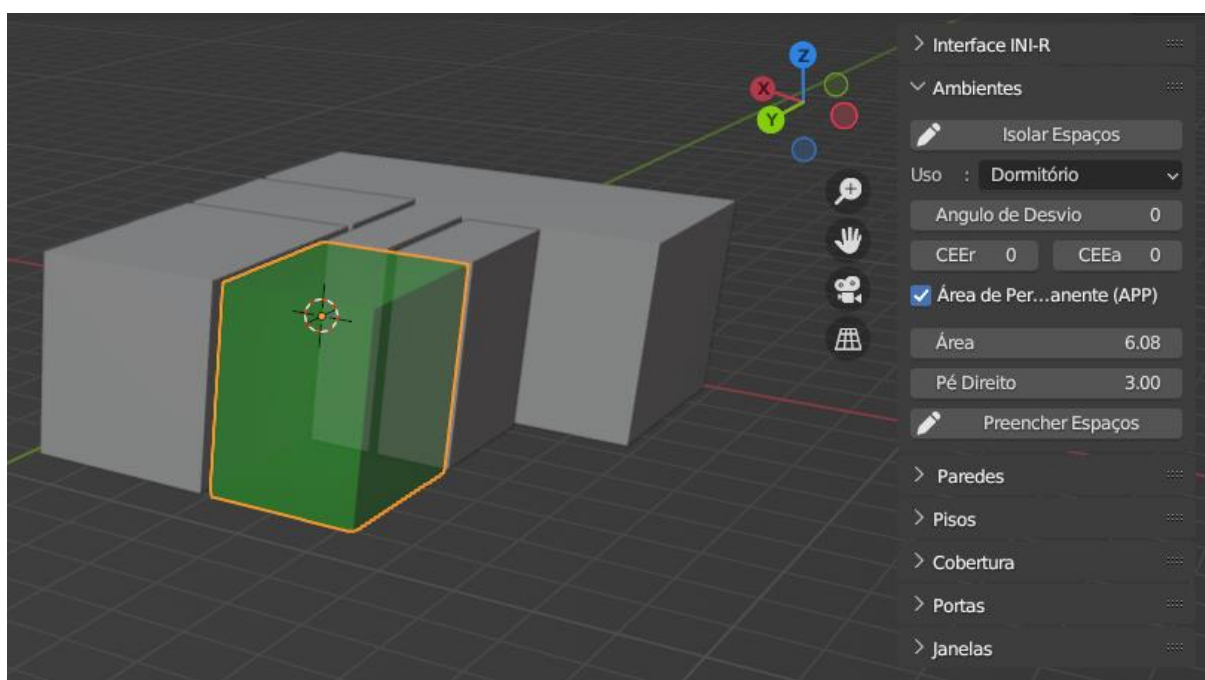
Na seção do preenchimento de dados dos ambientes é possível selecionar o uso do ambiente a partir de uma lista pré-configurada, que apresenta as opções como “Dormitório”, “Sala” e “APT”. A seção apresenta, também, campos para inserir os coeficientes de eficiência energética do sistema de ar-condicionado para refrigeração (CEE_r) e para aquecimento (CEE_a). Por fim, na aba, é possível inserir o ângulo de desvio da parede norte da APP em relação ao norte verdadeiro, todos esses dados são ilustrados na tabela 03. A figura 08 mostra a interface da ferramenta desenvolvida para a seção de preenchimento dos dados dos ambientes.

Tabela 03 – Mapeamento dos parâmetros preenchidos para os ambientes.

Parâmetro	Método de obtenção	Método de entrada
Uso do Ambiente	Manual	Caixa de Listagem
CEE _r	Manual	Caixa de texto
CEE _a	Manual	Caixa de texto
Ângulo de Desvio NV	Manual	Caixa de texto
APP	Manual	Booleano

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 08 – Interface da configuração dos preenchimentos dos parâmetros dos ambientes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao final da obtenção dos dados das tabelas 02 e 03, a ferramenta realiza os cálculos para o preenchimento dos parâmetros de entrada da INI-R. Esses parâmetros são representados na tabela 04, indicando se foram obtidos de forma automática ou manual e a fórmula calculada para o valor final do parâmetro.

Tabela 04 – Mapeamento dos parâmetros dos ambientes e suas fórmulas para o preenchimento da planilha.

Parâmetro	Cálculo para obtenção do valor	Fórmula
Área de piso do APP	Automático	= Área do APP
Uso do Ambiente	Manual	= Preenchimento da entrada
CEEr	Manual	= Preenchimento da entrada
CEEa	Manual	= Preenchimento da entrada
Ângulo de Desvio da Parede Norte	Manual	= Preenchimento da entrada

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.2 Configuração dos dados de entradas das paredes

Para preencher os dados das paredes, foi utilizada a classe `IfcWall`. Essa categoria de elementos apresenta diversos parâmetros que necessitam ser orientados conforme a sua direção cardinal (Norte, Sul, Leste e Oeste), além da indicação do uso do ambiente adjacente. Para facilitar essa indicação, essas informações foram vinculadas às superfícies do `IfcRelSpaceBoundary` relacionadas às paredes, em que é possível indicar as duas informações para o mapeamento do parâmetro preenchido por uso adjacente e direção cardinais inseridos na planilha de entrada da interface da INI-R. Nessa aba por uma caixa de lista, buscou-se ao usuário o fornecimento das opções de orientação do elemento e o uso da face do ambiente adjacente, incluindo nestas, a definição de paredes externas.

As dimensões horizontais das paredes internas e externas, das paredes em contato com APT, com sala e com dormitórios, são referenciadas de acordo com os usos adjacentes definidos pela `IfcRelSpaceBoundary` e a orientação das faces. Essas dimensões são extraídas pelo parâmetro de comprimento dos elementos com classe `IfcWall`, como mostra a tabela 05. A interface do preenchimento dos parâmetros das paredes da figura 09 mostra todas as opções de definições das superfícies `IfcRelSpaceBoundary` e dos elementos `IfcWall`, incluindo a possibilidade de visualização do que já foi preenchido e o que não foi, importante para esse tipo de elemento que apresenta uma quantidade significativa de elementos para serem preenchidos.

Posteriormente, para as propriedades térmicas foram catalogados os tipos de elementos construtivos e suas propriedades, segundo o Anexo III da Portaria INMETRO Nº309/2022 (Catálogo de Propriedade Térmicas), incluindo a possibilidade da inserção dos dados de forma manual. Para as propriedades das paredes externas de transmitância, capacidade térmica e absorvância que apresentem mais de um tipo em um mesmo ambiente, a ferramenta foi desenvolvida para que o seu valor resultante seja ponderado pela área que ocupam, conforme nota da INI-R.

As propriedades geométricas, como os ângulos de sombreamento horizontal (AHSd e AHSe), o ângulo vertical das fachadas (AVSfac) e o ângulo vertical de

obstrução do entorno (AVE), são informadas manualmente para serem incluídas nos parâmetros dos elementos IfcWall, a tabela 06 apresenta o método de entrada desses ângulos e dos parâmetros térmicos. O direcionamento definido pelas superfícies IfcRelSpaceBoundary permite que os ângulos sejam georreferenciados de acordo com a face da parede externa. Esses dados de preenchimento da seção são ilustrados na tabela 07.

Tabela 05 – Mapeamento dos parâmetros geométricos obtidos para as paredes.

Parâmetro	Método de obtenção	Nome do Conjunto de Propriedade/ Quantidade	Propriedade
Dim. Horizontal das Paredes	Automático	Qto_SpaceBaseQuantities	Lenght

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 06 – Mapeamento dos parâmetros preenchidos para paredes

Parâmetro	Método de obtenção	Método de entrada
Absortância das Paredes Externas	Manual	Caixa de texto
Transmitância térmica das Paredes Externas	Automático	Caixa de Listagem do tipo de paredes, conforme anexo RAC III
Capacidade térmica das Paredes Externas	Automático	Caixa de Listagem do tipo de paredes, conforme anexo RAC III
AHSd	Manual	Caixa de texto
AHSe	Manual	Caixa de texto
AOVfac	Manual	Caixa de texto
AVS	Manual	Caixa de texto

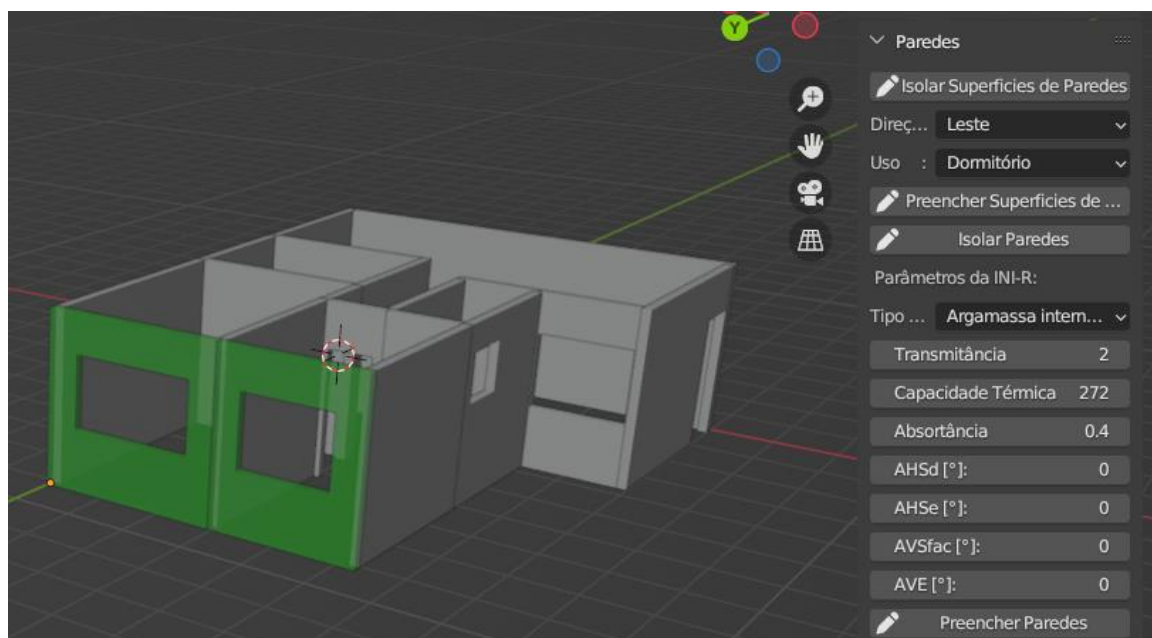
Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 07 - Mapeamento dos parâmetros das paredes e suas fórmulas para o preenchimento da planilha

Parâmetro	Cálculo para obtenção do valor	Fórmula	Preenchimento IfcRelSpaceBoundary IfcWall
Dim. Horizontal de paredes em contato com Dormitório	Automático	Dim. Horizontal das Paredes	Contém APT
Dim. Horizontal de paredes em contato com Dormitório	Automático	Dim. Horizontal das Paredes	Contém Dormitório
Dim. Horizontal de paredes em contato com Sala	Automático	Dim. Horizontal das Paredes	Contém Sala
Dim. Horizontal Parede Externa Norte	Automático	Dim. Horizontal das Paredes	Contém externo e contém Norte
Dim. Horizontal Parede Interna Norte	Automático	Dim. Horizontal das Paredes	Não contém externo e contém Norte
Dim. Horizontal Parede Externa Sul	Automático	Dim. Horizontal das Paredes	Contém externo e contém Sul
Dim. Horizontal Parede Interna Sul	Automático	Dim. Horizontal das Paredes	Não contém externo e contém Sul
Dim. Horizontal Parede Externa Leste	Automático	Dim. Horizontal das Paredes	Contém externo e contém Leste
Dim. Horizontal Parede Interna Leste	Automático	Dim. Horizontal das Paredes	Não contém externo e contém Leste
Dim. Horizontal Parede Externa Sul	Automático	Dim. Horizontal das Paredes	Contém externo e contém Oeste
Dim. Horizontal Parede Interna Sul	Automático	Dim. Horizontal das Paredes	Não contém externo e contém Oeste

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 09 – Interface da ferramenta de integração para o preenchimento dos parâmetros das paredes no Blender.



Fonte: Elaborado pelo autor

3.1.3 Configuração dos dados de entradas de pisos e coberturas

Os pisos do modelo foram preenchidos de acordo com a sua classe IFC correspondente, os elementos `IfcSlab`. As condições de exposição do piso foram apresentadas por uma caixa de lista com as opções apresentadas na interface do metamodelo (em contato com o solo e entre pavimentos), enquanto as propriedades térmicas (transmitância e capacidade térmica) foram definidas manualmente para cada piso relacionado com o ambiente de permanência prolongada através das superfícies do `IfcRelSpaceBoundary`. Os métodos de obtenção desses parâmetros e sua fórmula para o preenchimento da planilha são representados nas tabelas 08 e 09. A figura 10 mostra a interface dos dados de entrada da ferramenta para os elementos `IfcSlab`.

Tabela 08 – Mapeamento dos parâmetros preenchidos para os pisos.

Parâmetro	Método de obtenção	Método de entrada
Condição de exposição do piso	Manual	Caixa de Listagem
Transmitância térmica do piso	Manual	Caixa de texto
Capacidade térmica do piso	Manual	Caixa de texto

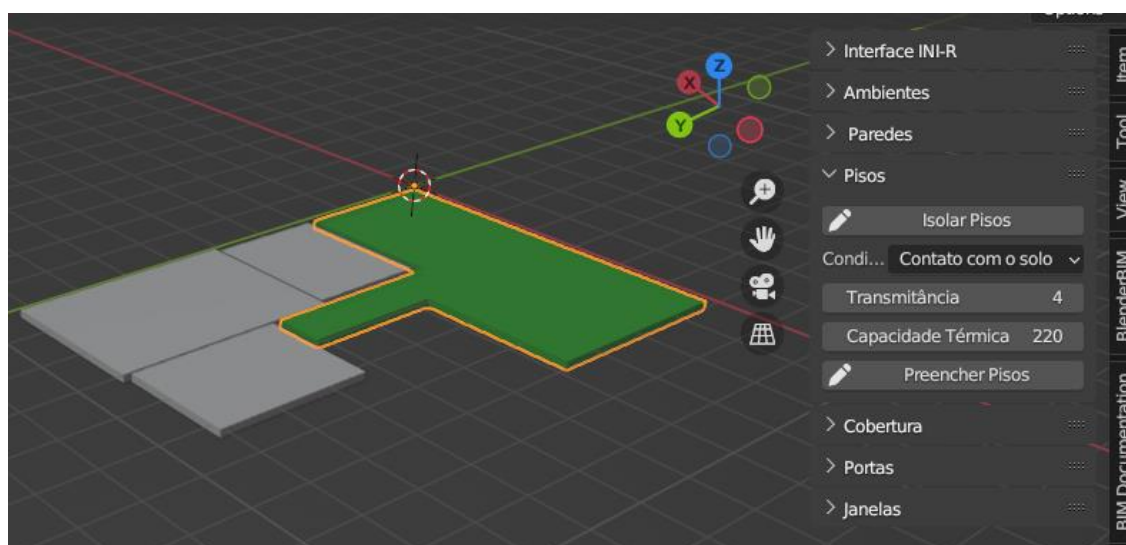
Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 09 – Mapeamento dos parâmetros dos pisos e suas fórmulas para o preenchimento da planilha.

Parâmetro	Cálculo para obtenção do valor	Fórmula
Condição de exposição do piso	Manual	Preenchimento da Entrada
Transmitância térmica do piso	Manual	Preenchimento da Entrada
Capacidade térmica do piso	Manual	Preenchimento da Entrada

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 10 – Interface da ferramenta de integração para o preenchimento dos parâmetros dos pisos no Blender



Fonte: Elaborado pelo autor

As propriedades térmicas das coberturas são catalogadas pelos seus diferentes tipos presentes no Anexo III da Portaria INMETRO Nº309/2022 (Catálogo de Propriedade Térmicas), além disso, apresenta a possibilidade da inserção dos dados de forma manual para diferentes tipos de pisos ausentes no catálogo. Caso um ambiente tenha mais de um tipo de cobertura, deverá ser analisado pontualmente, de acordo com as diretrizes da NBR 15575-1, em relação a qual condição de exposição a ser considerada e os valores dos parâmetros térmicos. Isso ocorre pois para a geração do IfcRelSpaceBoundary dois delimitadores de cobertura podem prejudicar a sua geração.

A condição de exposição da cobertura é definida pela caixa de lista de acordo com as opções apresentadas como dado de entrada da planilha modelo para que seja definida se é exposta ao sol e ao vento ou, então, entre pavimentos. As propriedades térmicas dos pisos, transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância, são inseridas de forma manual. A figura 11 apresenta a interface do preenchimento dos dados das coberturas pela ferramenta desenvolvida. A tabela 10 e 11 apresenta mapeamento dos parâmetros e a fórmula de preenchimento na planilha, respectivamente.

Tabela 10 – Mapeamento dos parâmetros preenchidos para as coberturas.

Parâmetro	Método de obtenção	Método de entrada
Condição de exposição da cobertura	Manual	Caixa de Listagem
Absorvância da cobertura	Manual	Caixa de texto
Transmitância térmica da cobertura	Automático	Caixa de Listagem do tipo de coberturas, conforme anexo RAC III
Capacidade térmica da cobertura	Automático	Caixa de Listagem do tipo de coberturas, conforme anexo RAC III

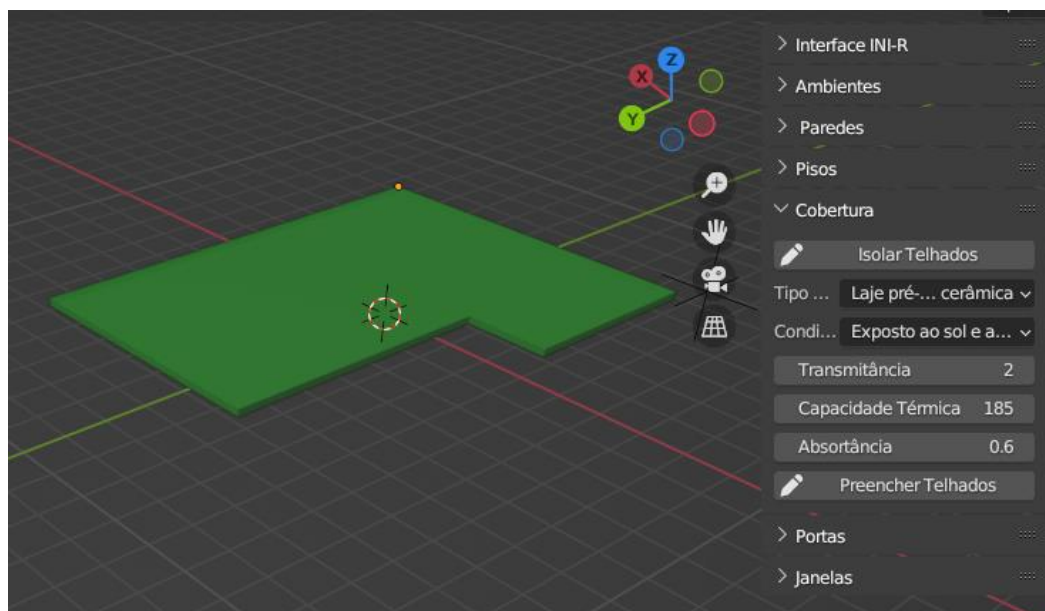
Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 11 – Mapeamento dos parâmetros das coberturas e suas fórmulas para o preenchimento da planilha.

Parâmetro	Cálculo para obtenção do valor	Fórmula
Condição de exposição da cobertura	Manual	Preenchimento da Entrada
Absortância da cobertura	Manual	Preenchimento da Entrada
Transmitância térmica da cobertura	Automático	Preenchimento da Entrada
Capacidade térmica da cobertura	Automático	Preenchimento da Entrada

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 11 – Interface da ferramenta de integração para o preenchimento dos parâmetros das coberturas no Blender.



Fonte: Elaborado pelo autor

3.1.4 Configuração dos dados de entradas de portas e janelas

As portas apresentam como único dado de entrada a sua localização para cada uma das orientações dos ambientes de permanência prolongada, que terão seus dados preenchidos como “Sim” ou “Não” na interface da planilha modelo para cada uma das direções cardeais preenchidas na ferramenta. Na seção da caixa de seleção, estão listadas as direções cardeais seguindo do termo de “APP”. Isso visa incluir somente as portas com fronteira com ambientes de permanência prolongada. No caso em que uma porta confronta com ambiente de permanência transitória, deve-se selecionar a opção “APT”. Nessa opção, a porta não será considerada no preenchimento da planilha.

As tabelas 12 e 13 apresentam, respectivamente, o preenchimento dos parâmetros para as portas na ferramenta e sua relação com o preenchimento da planilha.

Tabela 12 – Mapeamento dos parâmetros preenchidos para as portas.

Parâmetro	Método de obtenção	Método de entrada
Direção	Manual	Caixa de Listagem

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 13 – Mapeamento dos parâmetros das portas e suas fórmulas para o preenchimento da planilha.

Parâmetro	Cálculo para obtenção do valor	Fórmula
Porte Interna Norte	Automático (Sim, Não)	Existência no APP e Preenchimento Direção
Porte Interna Sul	Automático (Sim, Não)	Existência no APP e Preenchimento Direção
Porta Interna Leste	Automático (Sim, Não)	Existência no APP e Preenchimento Direção
Porta Interna Oeste	Automático (Sim, Não)	Existência no APP e Preenchimento Direção

Fonte: Elaborado pelo autor

As janelas possuem uma caixa de lista para definir a orientação da janela. A área de superfície dos elementos transparentes é calculada pela multiplicação da área da janela por um fator de transparência e mapeada na planilha conforme a sua orientação cardinal. A área ventilada do APP, assim como a área dos elementos transparentes, é obtida pela multiplicação da área da janela pelo fator de ventilação.

Os parâmetros térmicos de transmitância do elemento transparente e fator solar do elemento transparente são inseridos manualmente como entrada. Essas definições são ilustradas nas tabelas 14,15 e 16. Caso o ambiente apresente mais de uma abertura, as propriedades dessas aberturas, de transmitância e do fator solar, foram configuradas com seu valor resultante, para que possam ser ponderadas de acordo com a área de abertura.

Tabela 14 - Mapeamento dos parâmetros geométricos obtidos para as janelas.

Parâmetro	Método de obtenção	Nome do Conjunto de Propriedade/ Quantidade	Propriedade
Área da Janela	Automático	Qto_WindowBaseQuantities	Area

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 15 - Mapeamento dos parâmetros preenchidos para as janelas.

Parâmetro de entrada	Método de obtenção	Método de entrada
Percentual de Ventilação	Manual	Caixa de texto
Percentual de Transparência	Manual	Caixa de texto
Direção	Manual	Caixa de Listagem
Fator Solar do elemento transparente	Manual	Caixa de texto
Transmitância térmica do elemento transparente	Manual	Caixa de texto
Possui Veneziana?	Manual	Booleano

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 16 - Mapeamento dos parâmetros das janelas e suas fórmulas para o preenchimento da planilha.

Parâmetro	Cálculo para obtenção do valor	Fórmula
Área efetiva de Ventilação	Automático	<i>Percentual de Ventilação x Área da Janela</i>
Área de Superfície de elementos transparentes Norte, Sul, Leste e Oeste	Automático	<i>Percentual de Transparência x Área da Janela</i>
Transmitância térmica do elemento transparente	Manual	Preenchimento da Entrada
Fator Solar do elemento transparente	Manual	Preenchimento da Entrada

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.5 Integração dos dados preenchidos com a planilha modelo da INI-R e a obtenção dos resultados da interface para o cálculo dos ambientes por UH.

Após o preenchimento de todas as seções de ambientes, paredes, pisos, coberturas, janelas e portas, foi desenvolvida uma seção para integrar os dados do modelo IFC com a planilha modelo da INI-R. Ao conectar a planilha com os dados obtidos e preenchidos, a ferramenta automatiza a transferência de dados, eliminando a necessidade da inserção manual repetitiva.

A seção de preenchimento e integração com a planilha da ferramenta foi projetada com três ações. A primeira ação permite ao usuário localizar a planilha modelo da INI-R, enquanto que a segunda, realiza o preenchimento automático deste arquivo conforme o caminho informado. Após o preenchimento da planilha, o usuário poderá carregá-la na interface web da INI-R, e, assim, obter os resultados dos parâmetros de predição também fornecidos no formato de planilha Excel.

Os resultados fornecidos pela interface web são agrupados por Ambiente de Permanência Prolongada (APP), porém, para uma melhor classificação e para

equalizar com os resultados obtidos pelo preenchimento manual da interface web sem a utilização da planilha modelo do Excel, foi desenvolvida uma funcionalidade adicional na seção, que possibilita carregar a planilha de resultados gerada e realizar o cálculo dos parâmetros de predição para a Unidade Habitacional (UH). Nessa seção, são também informados o nome da UH, sua tipologia e a cidade que está inserida por meio de uma caixa de lista com as capitais brasileiras com a possibilidade da inserção manual selecionado a listagem personalizada e caixa de texto abaixo da listagem das cidades.

A figura 12 apresenta a seção de integração dos dados com a planilha modelo e o cálculo da planilha dos resultados com os parâmetros para a UH.

Figura 12 - Seção de integração dos dados com a planilha na ferramenta desenvolvida.

The screenshot shows a web interface titled 'Interface INI-R'. It contains the following elements:

- Input Fields:**
 - Nom...: UH 01
 - Tipol...: Unifamiliar (dropdown)
 - Cidad...: Campo Grande Intl... (dropdown)
 - Cidade: (text input)
- Action Buttons:**
 - Planilha Modelo INI-R (with a pencil icon)
 - Preencher os dados (with a pencil icon)
 - Obter os Resultados (with a pencil icon)
- Results List:**
 - CgTA (kWh/ano) : 8.50
 - CgTR (kWh/ano) : 4028.82
 - PHiFT (%) : 0.21
 - PHsFT (%) : 36.97
 - PHFT (%) : 62.82
 - To mín (°C) : 18.04
 - To max (°C) : 33.19

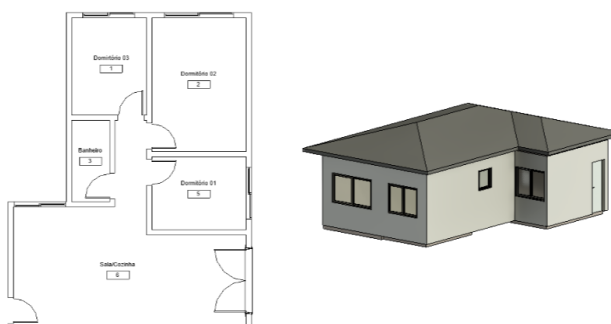
Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2 APLICAÇÃO DA FERRAMENTA EM ESTUDO DE CASO

Com a finalidade de examinar como a ferramenta desenvolvida pode ser aplicada para avaliar o desempenho energético de um projeto de construção, foram desenvolvidos dois projetos com características semelhantes nos softwares Autodesk Revit e Graphisoft ArchiCAD para posterior exportação em IFC para o software Blender para a aplicação da ferramenta.

O estudo de caso utilizado é uma residência unifamiliar, composta por três dormitórios, um banheiro e uma sala de estar integrada com a cozinha, como mostra a figura 13 com os detalhes em planta e perspectiva do projeto.

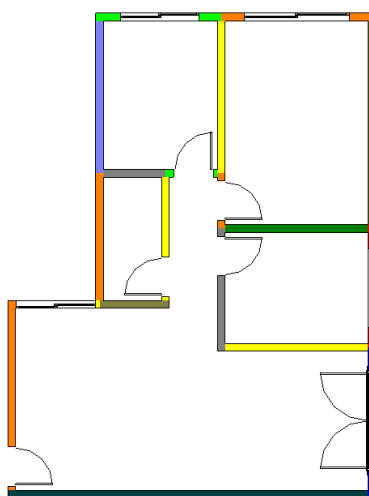
Figura 13 – Detalhes de perspectiva e planta baixa do estudo de caso aplicado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O modelo 3D desenvolvido no software de modelagem arquitetônica exportado para ser utilizado no Blender em IFC, deverá ter algumas premissas de modelagem para serem utilizadas na análise da geometria do Blender. Como a fase de projeto recomendada para a utilização da ferramenta é a conceitual, as paredes deverão ser modeladas como paredes compostas e deverão ser divididas conforme a divisão com os ambientes externos e internos, como mostra a figura 14. Além disso, caso uma parede na mesma orientação apresente uma exposição diferente devido à presença de uma parede perpendicular, deve-se dividir a parede no eixo da parede perpendicular que atravessa o ambiente.

Figura 14 – Modelagem de paredes compostas divididas por divisas com ambientes lindeiros.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Recomenda-se que as coberturas e os pisos do modelo sejam modelados de acordo com o tipo de elemento no modelo ou condições de exposições diferentes, já que estas, em conjunto com suas propriedades térmicas, são importantes para a sua caracterização. Caso um ambiente apresente mais de um tipo de cobertura, deverá ser modelada uma única cobertura com a condição predominante, devendo ser considerada exposta quando 30% (trinta por cento) ou mais da área da cobertura está exposta e com os valores dos parâmetros térmicos ponderados pela área (BRASIL, 2022).

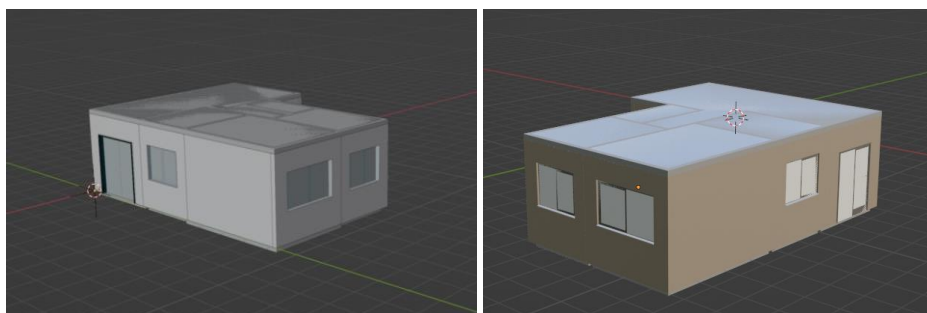
Com a finalidade de um reconhecimento mais preciso no momento de geração dos `IfcRelSpaceBoundary`, as coberturas foram modeladas como lajes no modelo simplificado. No software Blender, elas foram classificadas como `IfcRoof`, permitindo, assim, a aplicação do filtro no momento de preenchimento dos seus parâmetros.

As especificações de materiais, tipos de elementos e orientação dos pontos cardais foram aplicados no Blender. No software de modelagem, são consideradas apenas as características geométricas bem representadas. Nesse sentido, deverão ser modelados os ambientes do projeto, um dos principais tipos de elementos para serem utilizados na ferramenta, que deverão ter o cálculo de área com base no acabamento da parede.

O estudo de caso foi exportado nos dois softwares, Revit e ArchiCAD, no formato IFC com o Model View Definition (MVD) em IFC 4 Design View. Os limites de

espaço foram exportados no primeiro nível no Revit e em segundo nível no ArchiCAD. A figura 15 ilustra os dois arquivos IFC exportados do Revit e ArchiCAD dentro da plataforma Blender com a modelagem simplificada para as análises.

Figura 15 – Arquivos IFC com modelagem simplificada importadas no Blender (Revit a esquerda e ArchiCAD a direita).

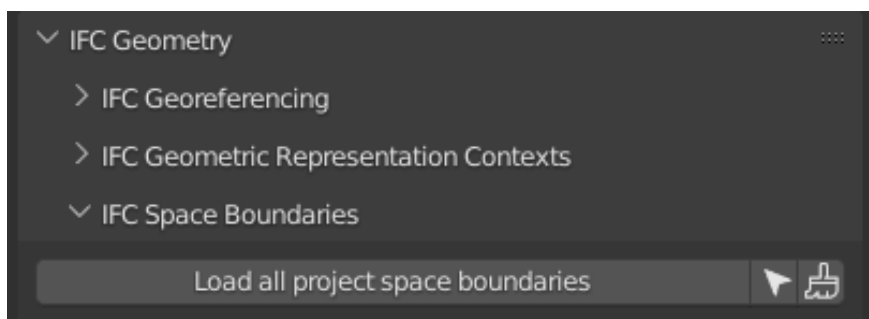


Fonte: Elaborado pelo autor.

No Blender, o arquivo IFC foi importado por meio do add-on BlenderBIM para os dois projetos desenvolvidos no Revit e ArchiCAD. O projeto antes do início do preenchimento com a ferramenta de integração deverá ter as superfícies dos elementos geradas através do `IfcRelSpaceBoundary` também pelo add-on BlenderBIM, como mostra a figura 16 para o funcionamento dessa geração no add-on BlenderBIM.

No Revit, as superfícies foram geradas com limites em 1º nível, sendo suficientes para estabelecer as relações dos elementos e dos espaços. Já no ArchiCAD, foram obtidas também superfícies em 2º nível, em que algumas delas não apresentavam nenhuma vinculação aos elementos, sendo necessário ajustes manuais para a obtenção da superfície apta para a ferramenta através do IFC 4.0.

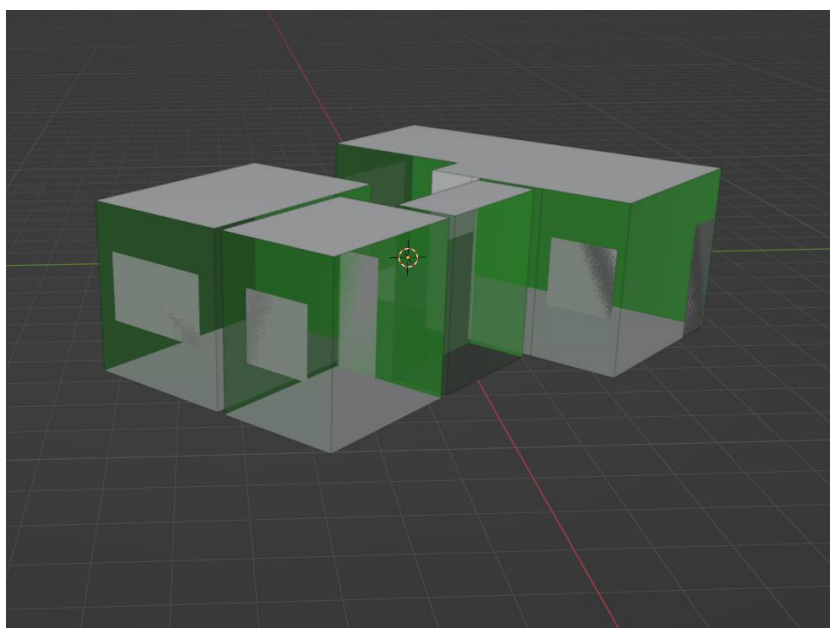
Figura 16 – Função do BlenderBIM para geração dos IfcRelSpaceBoundary dos elementos no Blender.



Fonte: Elaborado pelo autor

A figura 17 ilustra as superfícies do IfcRelSpaceBoundary geradas no estudo de caso que tem como função relacionar o elemento ao ambiente que o limita, integrando os elementos do modelo com os ambientes de permanência prolongada (APP) que terão seus parâmetros preenchidos pela ferramenta de integração.

Figura 17 – IfcRelSpaceBoundary gerados para relacionar os elementos com os ambientes no Blender.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os elementos do modelo apresentaram os parâmetros preenchidos conforme a tabela abaixo, com a divisão para os parâmetros da UH, parâmetros geométricos e parâmetros construtivos.

Para os parâmetros da UH, foi considerado no estudo a aplicação na cidade de Campo Grande - MS. O projeto apresenta como tipologia o uso unifamiliar e conta com três dormitórios e uma sala como ambientes de permanência prolongada, além de um banheiro como ambiente de permanência transitória.

Os parâmetros geométricos da UH, como as áreas dos ambientes e o pé-direito, foram obtidos de forma automática do modelo. As condições de exposição dos pisos e coberturas foram inseridas de forma manual através da ferramenta desenvolvida no Blender. As áreas dos ambientes, o pé direito, as condições de exposição de pisos e as coberturas são apresentadas na tabela 17.

Tabela 17 – Apresentação dos ambientes, tipo, áreas e condições de exposição de pisos e coberturas.

Ambiente	Tipo	Área (m²)	Pé-direito (m)	Condição de exposição do piso	Condição de exposição da cobertura
Dormitório 01	APP	6,10	3	Em contato com o solo	Exposto ao Sol e ao Vento
Dormitório 02	APP	5,74	3	Em contato com o solo	Exposto ao Sol e ao Vento
Dormitório 03	APP	10,50	3	Em contato com o solo	Exposto ao Sol e ao Vento
Sala / Cozinha	APP	23,06	3	Em contato com o solo	Exposto ao Sol e ao Vento
Banheiro	APT	2,57	3	Em contato com o solo	Exposto ao Sol e ao Vento

Fonte: Elaborado pelo autor

O projeto apresenta quatro ambientes de permanência prolongada (APP) e dois ambientes de permanência transitória (APT). Os ambientes de permanência transitória apresentam como área total o valor de 2,57 m².

Os parâmetros construtivos considerados para as paredes, pisos, coberturas e elementos transparentes foram definidos alguns de forma manual e outros conforme Anexo III da Portaria INMETRO Nº309/2022 (Catálogo de Propriedade Térmicas).

As propriedades térmicas das paredes foram consideradas conforme o Catálogo de Propriedades Térmicas como: argamassa interna e externa com espessura de 2,5 cm, bloco de concreto (14cm x 19cm x 39cm) e pintura externa.

$$U_{\text{par}}: 1,85 \text{ W / (m}^2\text{.K)}$$

$$CT_{\text{par}}: 161 \text{ kJ / (m}^2\text{.K)}$$

$$a_{\text{par}}: 0,37$$

Para as coberturas, foi definido, conforme a classificação do catálogo como: laje pré-moldada com espessura de 12 cm + câmara de ar ($e > 5\text{cm}$) + telha cerâmica.

$$U_{\text{cob}}: 1,79 \text{ W / (m}^2\text{.K)}$$

$$CT_{\text{cob}}: 185 \text{ kJ / (m}^2\text{.K)}$$

$$a_{\text{cob}}: 0,64$$

Para as propriedades térmica dos pisos, foram consideradas os seguintes valores:

$$U_{\text{piso}}: 4,00 \text{ W / (m}^2\text{.K)}$$

$$CT_{\text{piso}}: 220 \text{ kJ / (m}^2\text{.K)}$$

Por fim, para as propriedades dos elementos transparentes foram definidos os seguintes parâmetros:

$$U_{\text{vid}}: 5,70 \text{ W / (m}^2\text{.K)}$$

$$FS: 0,82$$

3.3 VALIDAÇÃO DA FERRAMENTA COM O PREENCHIMENTO MANUAL.

A validação do estudo de caso por meio do preenchimento manual da planilha foi conduzida para avaliar a precisão e a confiabilidade dos resultados obtidos. Essa verificação consistiu na inserção dos parâmetros de entrada da planilha manualmente,

seguindo os mesmos critérios e especificações da Unidade Habitacional (UH), dos parâmetros geométricos e dos parâmetros construtivos preenchidos no IFC com a ferramenta desenvolvida.

O preenchimento da planilha foi realizado ambiente por ambiente, obtendo as informações necessárias da planilha à medida que os parâmetros anteriores foram inseridos. Esse processo exigiu uma consulta constante entre o projeto, as informações requeridas pela planilha e o Anexo III da Portaria INMETRO Nº309/2022 (Catálogo de Propriedade Térmicas), quando necessário. Foi considerado nesse preenchimento que as informações dos parâmetros construtivos dos elementos ainda não estivessem sido definidas, sendo necessário a utilização do catálogo para o seu preenchimento.

Para as propriedades térmicas das paredes, aberturas e coberturas que estiverem mais de um tipo por ambiente analisado, foi necessário o cálculo manual da ponderação estabelecida pela INI-R.

Além das propriedades térmicas das aberturas, foram calculadas manualmente as dimensões de ventilação e de dimensões de aberturas para serem inseridas como área de ventilação e transparência dos elementos transparentes.

O cálculo dos resultados dos parâmetros de entrada preenchidos manualmente, foram realizados por dois métodos. O primeiro consistiu no preenchimento da planilha modelo da INI-R manualmente, com a finalidade de equalizar o fluxo estabelecido com o desenvolvimento da ferramenta. Com a planilha foram obtidos os resultados por APP.

Da mesma forma, para validar uma das seções da ferramenta desenvolvida, também foi realizado o preenchimento dos dados diretamente na interface web da INI-R, sem a utilização da planilha, para a obtenção dos parâmetros de predição por Unidade Habitacional (UH). Esse método foi empregado para a validar a seção da ferramenta desenvolvida que extrai os resultados da planilha gerada por APP e converte os parâmetros para a UH, conforme o preenchimento da interface Web.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

Inicialmente, os resultados foram avaliados em relação a ferramenta de integração dos dados desenvolvida. Em seguida, foram apresentados os valores obtidos para os parâmetros de predição tanto para a Unidade Habitacional (UH) quanto para os Ambientes de Permanência Prolongada (APP), considerando a utilização da ferramenta desenvolvida e o preenchimento manual dos dados. Por fim, uma análise comparativa entre os métodos foi realizada como parte da discussão dos resultados.

4.1 FERRAMENTA DE INTEGRAÇÃO

A ferramenta obtida por meio desta Dissertação demonstrou a capacidade de realizar o preenchimento de todos os dados necessários para o preenchimento da planilha por meio das Psets personalizadas do arquivo IFC.

Todos os dados foram integrados com o Excel de forma satisfatória e precisa, sem a necessidade do preenchimento manual de nenhum dos parâmetros presente na planilha. Essa integração com o Excel proporcionou uma maior segurança e controle em relação aos dados inseridos e obtidos pela utilização da ferramenta, permitindo a conferência dos dados anteriormente a utilização dela para os cálculos dos parâmetros de predição que a interface web oferece. Após a geração do preenchimento da planilha a mesma deve ser conferida e salva para carregá-la na interface web da INI-R.

A figura 18 ilustra o funcionamento da inserção da planilha modelo da INI-R e após a ação para integrar os dados realiza o preenchimento da mesma para ser inserida na interface web da INI-R.

No Apêndice I (volume 2) são apresentados os valores de entradas completos obtidos com a utilização da ferramenta, utilizando os softwares ArchiCAD, Revit e com o preenchimento manual.

Tomax) para cada Ambiente de Permanência Prolongada (APP). As tabelas 18, 19, 20 e 21 apresentam os valores fornecidos pela planilha preenchimento pelos softwares Revit, ArchiCAD e pelo preenchimento manual da planilha para cada APP.

Tabela 18 - Resultado dos parâmetros de predição para o dormitório 01.

Parâmetro	Obtenção dos dados da Dormitório 01		
	Revit	ArchiCAD	Manual
CgTA (kWh/ano)	1.95	1.97	1.93
CgTR (kWh/ano)	320.88	318.31	325.66
PHiFT (%)	0.23	0.23	0.23
PHsFT (%)	28	27.81	28.39
Tomín (°C)	18.04	18.02	18.07
Tomax (°C)	30.79	30.79	30.81

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 19 - Resultado dos parâmetros de predição para o dormitório 02.

Parâmetro	Obtenção dos dados da Dormitório 02		
	Revit	ArchiCAD	Manual
CgTA (kWh/ano)	2.57	2.61	2.54
CgTR (kWh/ano)	668.6	664.54	672.29
PHiFT (%)	0.24	0.24	0.23
PHsFT (%)	28.61	28.35	29.02
Tomín (°C)	18.12	18.1	18.14
Tomax (°C)	30.97	30.97	30.99

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 20 - Resultado dos parâmetros de predição para o dormitório 03.

Parâmetro	Obtenção dos dados da Dormitório 03		
	Revit	ArchiCAD	Manual
CgTA (kWh/ano)	1.23	1.25	1.22
CgTR (kWh/ano)	362.95	360.17	365.29
PHiFT (%)	0.24	0.24	0.23
PHsFT (%)	27.36	27.07	27.69
Tomín (°C)	18.34	18.33	18.35
Tomax (°C)	30.91	30.91	30.93

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 21 - Resultado dos parâmetros de predição para a Sala /Cozinha.

Parâmetro	Obtenção dos dados da Sala /Cozinha		
	Revit	ArchiCAD	Manual
CgTA (kWh/ano)	2.12	2.12	2.1
CgTR (kWh/ano)	2911.12	2915.99	2913.27
PHiFT (%)	0.05	0.05	0.05
PHsFT (%)	62.64	62.72	63.2
Tomin (°C)	18.66	18.65	18.68
Tomax (°C)	33.34	33.36	33.33

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados dos parâmetros térmicos mencionados acima evidenciam que a maior diferença entre os métodos foi observada na Carga Térmica de Resfriamento (CgTR) e no Percentual de Horas acima da ocupação (PHsFT). Essa diferença pode ser explicada pelas pequenas divergências nas entradas das propriedades geométricas identificadas nos três métodos, especialmente em relação as dimensões horizontais das paredes, as quais foram modeladas de maneira distinta em cada software utilizado. No entanto, é possível afirmar que, mesmo com uma discreta diferença entre os métodos, a ferramenta demonstrou um bom funcionamento, fornecendo resultados que se aproximam do contexto analisado manualmente da edificação para cada ambiente de permanência prolongada.

O método de preenchimento pela interface da plataforma sem a utilização da planilha nos fornece outra abrangência dos parâmetros construtivos, sendo agrupados pela Unidade Habitacional (UH). Dessa forma, com o desenvolvimento na ferramenta de uma seção para carregar o arquivo com os resultados dos parâmetros de predição por APP, foi possível obter os parâmetros da UH conforme as diretrizes impostas pela INI-R e pela NBR 15575-1.

Os valores obtidos pelo cálculo da ferramenta são mostrados na seção de integração dos dados, conforme a figura 19 e a sua comparação de valores entre o Revit, ArchiCAD e o método de preenchimento manual na própria interface são apresentados na tabela 22.

Figura 19 - Valores na interface da ferramenta desenvolvida do cálculo dos parâmetros de predição por UH.

The screenshot displays the 'Interface INI-R' window. It features several input fields at the top: 'Nom...' with the value 'UH 01', 'Tipol...' with a dropdown menu set to 'Unifamiliar', and 'Cidad...' with a dropdown menu set to 'Campo Grande Intl...'. Below these is a 'Cidade:' label followed by an empty text box. Three buttons with pencil icons are stacked: 'Planilha Modelo INI-R', 'Preencher os dados', and 'Obter os Resultados'. The bottom section lists calculated parameters with their values:

CgTA (kWh/ano) :	8.50
CgTR (kWh/ano) :	4028.82
PHiFT (%) :	0.21
PHsFT (%) :	36.97
PHFT (%) :	62.82
To mín (°C) :	18.04
To max (°C) :	33.19

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 22 - Resultado dos parâmetros de predição por UH.

Parâmetro	Obtenção dos dados por UH		
	Revit	ArchiCAD	Manual
CgTA (kWh/ano)	7.87	7.95	7.8
CgTR (kWh/ano)	4263.55	4259.01	4276.52
PHFT (%)	63.16	63.32	62.74
PHiFT (%)	0.19	0.19	0.18
PHsFT (%)	36.65	36.49	37.08
Tomin (°C)	18.04	18.02	18.07
Tomax (°C)	33.34	33.36	33.33

Fonte: Elaborado pelo autor.

No contexto da Unidade Habitacional, os resultados dos parâmetros de predição, assim como por APP, demonstraram a equivalência dos resultados entre os métodos analisados. A proximidade dos valores demonstra a precisão da utilização da ferramenta na obtenção desses parâmetros de predição, o que permite a aplicação de uma variedade de alternativas de projetos e especificações construtivas que apresentem melhor resultados para os parâmetros térmicos resultantes fornecidos pelo método simplificado da INI-R. Os valores dos parâmetros obtidos da UH foram idênticos aos fornecidos com o preenchimento na própria interface web e pelo preenchimento manual da planilha, validando a fundação de obter a planilha resultados dos parâmetros por APP e fazer o cálculo para abranger a UH.

4.3 COMPARAÇÃO DA APLICAÇÃO ENTRE AS FERRAMENTAS

O preenchimento manual da planilha resumiu-se em um vai e vem constante com a planilha, o projeto do estudo de caso e a análise do catálogo de propriedade térmicas do RAC, o que torna o processo demorado, propenso a erros e sem uma organização clara para o preenchimento dos parâmetros.

No momento da análise comparativa dos métodos aplicados, foi identificado um exemplo que ilustra essa situação. Ao realizar o preenchimento manual do parâmetro de dimensões horizontais de paredes em contato com dormitório no ambiente da sala, foi constatada uma diferença considerável nos valores em comparação com os

valores gerados pela ferramenta. Essa discrepância ocorreu devido a um erro no preenchimento manual, pois uma das paredes em contato com o dormitório foi erroneamente desconsiderada, enquanto que essa informação foi corretamente considerada na aplicação da ferramenta desenvolvida. Dessa forma, os métodos com a aplicação da ferramenta apresentaram um ganho de tempo bastante elevado comparado ao preenchimento manual e com menos chances de erro envolvidas no processo.

Em comparação com os softwares Revit e ArchiCAD, utilizando os arquivos IFC, o Revit demonstrou uma melhor interoperabilidade para a geração das relações IfcRelSpaceBoundary no Blender. Isso se deve pelo fato de não ter sido necessário nenhum ajuste na geometria do IFC e das relações IfcRelSpaceBoundary criadas pelo BlenderBIM para o IFC exportado do Revit. No ArchiCAD, no entanto, foram necessários alguns ajustes, como desconsiderar algumas superfícies do IfcRelSpaceBoundary que foram geradas em excesso, como exemplo das superfícies laterais dos pisos e também um ajuste na vinculação das superfícies da cobertura com o elemento da laje do projeto, que não foram vinculadas corretamente no momento da criação das relações no Blender.

CAPÍTULO 5. CONCLUSÕES

O desenvolvimento de ferramentas de integração entre modelos BIM e plataformas de análises energéticas, como a INI-R contribui para um avanço para a implantação de edificações eficientes na área da construção civil.

Na pesquisa foi desenvolvido um código em Python para o preenchimento e integração dos dados obtidos com a planilha modelo da INI-R, de forma que com a inserção da planilha na interface da Instrução Normativa pudessem obter os resultados dos parâmetros de predição calculados por ambiente de permanência prolongada (APP) e por unidade habitacional (UH). Para o preenchimento dos elementos, a ferramenta foi organizada por seções de classe IFC, com a finalidade de organizar por categoria os elementos e suas informações que foram preenchidas. A organização resultou em uma estrutura visual, para não causar uma confusão na interface do Blender do que era importante ser visto e do que já fora preenchido.

Os resultados obtidos demonstraram a eficiência e a precisão da ferramenta para a integração dos dados. A explicação se deve pela precisão geométrica que o IFC apresenta e pela padronização do modo que os dados foram preenchidos manualmente. Os estudos de caso aplicados nos softwares Revit e AchiCAD ilustraram as semelhanças de entradas e conseqüentemente dos resultados com a validação manual proposta na pesquisa.

Ao permitir a obtenção dos parâmetros de predição do modelo IFC ao longo do desenvolvimento do projeto, a ferramenta favorece para a tomada de decisão e especificação dos elementos em fase de projeto. O Anexo III da Portaria INMETRO Nº309/2022 (Catálogo de Propriedade Térmicas) fornece suporte para que as propriedades térmicas sejam obtidas respaldadas pela caracterização dos elementos de paredes e coberturas e, com isso, automatizam o seu preenchimento.

Com o desenvolvimento da pesquisa, também foi observada a capacidade da programação textual no Blender em fornecer para o ambiente BIM a possibilidade de preenchimento, obtenção e transferências de dados para a planilha Excel, automatizando o seu preenchimento e sendo possível o cálculo dos parâmetros de predição presentes na INI-R e NBR 15575-1.

As principais dificuldades encontradas durante a pesquisa foram relacionadas ao desenvolvimento do código no Blender. Uma grande quantidade de erros no código foi identificada e corrigida, desde o preenchimento das propriedades do modelo IFC até a forma de integração com a planilha Excel. A extensa API de programação do Blender e da biblioteca ifcopenshell exigiu um estudo aprofundado das suas funções para serem usadas na ferramenta. Além disso, a estrutura organizacional da ferramenta foi um desafio na pesquisa, devido à forma como os parâmetros seriam preenchidos pelo mapeamento realizado e como os dados seriam divididos por listas para a integração com a planilha Excel.

A possibilidade de transferência de dados dos arquivos IFC com a programação do Blender possibilita outras análises relacionados a construção civil. Como exemplo para o setor de orçamento, planejamento, além de análises e cálculos para as diversas especialidades da Engenharia e Arquitetura.

Com a utilização do Blender e do arquivo em IFC, buscou-se explorar os benefícios dos softwares e de formatos de arquivo em padrão aberto, como uma maneira de incentivar sua adoção e sem depender de softwares proprietários para a aplicação de análises energéticas, reduzindo assim, os custos envolvidos na sua aquisição.

Ao longo da pesquisa foram observados benefícios, como: a liberdade e flexibilidade proporcionada pelos softwares de padrão aberto, permitindo adaptar, modificar e personalizar o software; o suporte ativo da comunidade que compartilha conhecimento e colabora para um ambiente com desenvolvimento contínuo e com o aprimoramento das ferramentas; além de outros recursos desenvolvidos pela comunidade de forma a contribuir com as funcionalidades e melhorias desses softwares, como é o caso do add-on BlenderBIM.

REFERÊNCIAS

- ABDI – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO DA INDUSTRIAL. – **Avaliação de desempenho energético em Projetos BIM**: v. 5 Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC – Brasília, DF: ABDI, 2017.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-1:2021 Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais**. Brasil: 2021a.
- AHN, K. U.; KIM, Y. J.; PARK, C. S.; KIM, I.; LEE, K. **BIM interface for full vs. semi-automated building energy simulation**. In: Energy and Buildings, v. 68, p. 671-678, 2014.
- ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. **BIM: conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1., São Paulo, 2009. Anais... São Carlos: Universidade de São Paulo, 2009.
- BOLDRINI, L.C.; FOSSATI, M.; PEREIRA A.T.C.P. **BIM e Design da experiência do usuário na otimização de uma ferramenta para avaliação simplificada da eficiência energética da envoltória de edificações residenciais**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis, 2020.
- BORGSTEIN, E.H.; LAMBERTS, R.; HENSEN, J.L.M. **Evaluating energy performance in non-domestic buildings: A review**. Energy and Buildings, v. 128, p. 734-755, 2016.
- BRACHT, M. K.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. **A metamodel for building information modeling-building energy modeling integration in early design stage**. Automation in Construction, v.121, 2021.
- BUILDINGSMART. **IfcRelSpaceBoundary**. Disponível em: <https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/TC1/HTML/ifcproducttextension/lexical/ifcrelspaceboundary.htm>. Acesso em: fev. 2023.
- BRASIL. Portaria Nº 309, de 6 de setembro de 2022. **Aprova as Instruções Normativas e os Requisitos de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética das Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas e Residenciais – Consolidado**.
- CBIC – CAMARA BRASILEIRA DA INDUSTRIA DA CONSTRUÇÃO. - **Fundamentos BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**/ Câmara Brasileira da Indústria da Construção. - Brasília: CBIC, 2016.
- COSTA, L. M.; ALVAREZ, C. E.; MARTINO, J.A. **Proposta de método de projeto baseado no desempenho para edifícios energeticamente eficientes**. AMBIENTE CONSTRUÍDO (ONLINE), v. 21, p. 409-433, 2021.
- CRESPO, C. C.; RUSCHEL, R. C. **Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto**. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO

E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 3., 2007, Porto Alegre. Anais [...]. Porto Alegre: TIC, 2007.

EASTMAN, C.; TELCHOLZ P.; SACKS R.; LISTON K. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre. Bookman, 2014.

FOSSATI, M. F.; SCALCO, V. A.; LINCZUK, V. C. C.; LAMBERTS, R. **Building energy efficiency: Na overview of the Brazilian residential labling scheme**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 65, p. 1216-1231, 2016.

FREIRE, Marcia Rebouças; AMORIM, Arivaldo Leão. **A abordagem BIM como contribuição para a eficiência energética no ambiente construído**. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5., 2011, Salvador. Anais[...]. Porto Alegre: ANTAC, 2011.

IEA, International Energy Agency, **Total Energy Use in Buildings Analysis and Evaluation Methods**, International Energy Agency, 2013.

INGRAM, J. **Understanding BIM The Past, Present and Future**. New York, 2020.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, **Working Group III Report Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change**, Cambridge University Press, 2007 ISBN: 9780521705981.

KIM, J. B.; JEONG, W.; CLAYTON, M.J.; HABERL, J.S.; YAN, W. **Developing a physical BIMlibrary for building thermal energy simulation**. 2014.

MAILE, T.; O'DONNELL, J.; BAZJANAC, V.; ROSE, C. **Building Performance Simulation Tools-A Life Cycle and Interoperable Perspective**. Stanford University, 2007.

MATTANA, L.; LIBRELOTTO L. I.; **Contribuição do BIM para a sustentabilidade econômica de edificações**. Mix Sustentável - Edição Especial 06/v.3.n.2. 2017.

MENDES, N.; WESPHAL, F. S.; LAMBERTS, R.; NETO, J.A.B. da C.; **Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 5, n. 4, p. 47-68, out./dez. 2005. ISSN 1415-8876.

MELHADO, S. B. **Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios**. 2001. Tese (Livre-Docência). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MELO, A. P.; VERSAGE, R.S.; SAWAYA, G.; LAMBERTS, R. **A novel surrogate model to support Building energy labelling system: A new approach to assess cooling energy demand in comercial buildings**. Energy and Buildings, v. 131, p. 233-247, 2016.

MELO, A. P.; FOSSATI, M.; VERSAGE, R. S.; SORGATO, V.A.; LAMBERTS, R. **Development and analysis of a metamodel to represent the thermal behavior of naturally ventilated and artificially air-conditioned residential buildings**. Energy and Buildings**, v. 112, p. 209–221, 2016.

MM/EPE. **Ações para promoção da eficiência energética nas edificações brasileiras: No caminho da transição energética**. 2020.

MOBASHERI, A., PIROTTI, F. & AGUGIARO, G. **Open-source geospatial tools and technologies for urban and environmental studies**. Open geospatial data, Software and Standards, v.5, p.5. dez. 2020.

MORORÓ, M. S. de M.; ROMCY, N. M. e S.; CARDOSO, D. R.; BARROS NETO, J. de P. **Proposta paramétrica para projetos sustentáveis de Habitação de Interesse Social em ambiente BIM**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 16, n. 4, p. 27-44, out./dez. 2016.

NUNES, G. H.; LEÃO, M.; **Estudo comparativo de ferramentas de projetos entre o CAD tradicional e a modelagem BIM**. In: REVISTA DE ENGENHARIA CIVIL, 2018, Mato Grosso, Anais...Mato Grosso: UNEMAT, 2018. p.47-61.

REEVES, T.; OLBINA, S.; ISSA, R. **Validation of building energy modeling tools: Ecotect, Green Building Studio and IES<VE>**. In: 2012 WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2012, Berlin. Proceedings [...]. Berlin: WSC, 2012. p. 582-593.

ROSA, H. F.; LAMBERTS, R.; MELO, A.P. **Avaliação da eficiência energética de uma edificação multifamiliar por meio da INI-R**. 2018.

ROUDSARI, M. S. **Ladybug: A parametric environmental plugin for Grasshopper to help designers create an environmentally-conscious design**. Proceedings of BS 2013: 13th Conference of the International Building Performance Simulation Association, p. 3128-3135, 2013.

SOUTHALL, R., BILKECKI, F. **The VI-Suite: a set of environmental analysis tools with geospatial data applications**. Open geospatial data, Software and Standards,v.2, p. 23-36. set. 2017.

THUESEN, N.; KIRKEGAARD, P.H.; JENSEN, R. Lunden. **Evalution of BIM and Ecotect for conceptual architectural design analysis**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING, 13., 2010, Nottingham. Proceedings [...]. Nottingham: Nottingham University Press, 2010. p. 169-170.

WHAT IS OPENBIM? BUILDING SMART, 2022. Disponível em: <<https://www.buildingsmart.org/about/openbim/openbim-definition/>>. Acesso em: 25 de out. 2022

ZOU, P.X.W.; XU, X.; JAY, S.; WANG, J. **Review of 10 years research on Building energy performance gap: Life- cycle and stakeholder perspectives**. Energy and Buildings, v. 178, p. 165-181. 2018.



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

**INTEROPERABILIDADE ENTRE MODELOS BIM E
ANÁLISES ENERGÉTICAS: DESENVOLVIMENTO DE
FERRAMENTA NO BLENDER PARA INTEGRAÇÃO DE
DADOS DE MODELOS IFC COM MÉTODO SIMPLIFICADO
DE ANÁLISE DA INI-R.**

VOLUME 2 - APÊNDICES

Thiago Costa Godoi

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

**INTEROPERABILIDADE ENTRE MODELOS BIM E ANÁLISES
ENERGÉTICAS: DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA NO
BLENDER PARA INTEGRAÇÃO DE DADOS DE MODELOS IFC COM
MÉTODO SIMPLIFICADO DE ANÁLISE DA INI-R.**

VOLUME 2 - APÊNDICES

THIAGO COSTA GODOI

Trabalho de Conclusão de Curso do Mestrado Profissional apresentado na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade, na área de concentração Eficiência Energética.

Orientadora: Prof. Dra. Mayara Dias de Souza.

CAMPO GRANDE – MS

JUNHO / 2023

APÊNDICE I

ENTRADAS DA PLANILHA GERADAS PELA FERRAMENTA

E PREENCHIMENTO MANUAL

Parâmetro	Obtenção dos dados do Dormitório 01		
	Revit	ArchiCAD	Manual
Uso do Ambiente	Dormitório	Dormitório	Dormitório
CEEr	0	0	0
CEEa	0	0	0
Condição de exposição do piso	Contato com o solo	Contato com o solo	Contato com o solo
Condição de exposição da cobertura	Exposto ao sol e ao vento	Exposto ao sol e ao vento	Exposto ao sol e ao vento
Área do APP (m²)	6.08	6.07	6.10
Pé Direito (m)	3	3	3
Possui Veneziana	Não	Não	Não
Ângulo de desvio em relação ao norte verdadeiro	0	0	0
Área efetiva de ventilação (m²)	0.77	0.77	0.75
Transmitância térmica do elemento transparente	5.7	5.7	5.7
Fator solar do elemento transparente	0.82	0.82	0.82
Transmitância térmica do piso	4	4	4
Capacidade térmica do piso	220	220	220
Absortância da parede externa	0.37	0.37	0.37
Transmitância térmica da parede externa	1.85	1.85	1.85
Capacidade térmica da parede externa	161	161	161
Absortância da cobertura	0.64	0.64	0.64
Transmitância térmica da cobertura	1.79	1.79	1.79
Capacidade térmica da cobertura	185	185	185
Dim. Horizontal de paredes em contato com APT	1.1	1.05	1.18
Dim. Horizontal de paredes em contato com dormitório	2.81	2.73	2.81
Dim. Horizontal de paredes em contato com a sala	0.91	0.82	0.99
AHSd Norte	0	0	0
AHSe Norte	0	0	0
AOV fac Norte	0	0	0
AVS Norte	0	0	0
Dim. Horizontal Par. Externa Norte	2.17	2.17	2.17

Dim. Horizontal Par. Interna Norte	0	0	0
Área de superfície dos elementos transparentes Norte	1.49	1.49	1.50
AHSd Sul	0	0	0
AHSe Sul	0	0	0
AOV fac Sul	0	0	0
AVS Sul	0	0	0
Dim. Horizontal Par. Externa Sul	0	0	0
Dim. Horizontal Par. Interna Sul	2.01	1.87	2.17
Área de superfície dos elementos transparentes Sul	0	0	0
AHSd Leste	0	0	0
AHSe Leste	0	0	0
AOV fac Leste	0	0	0
AVS Leste	0	0	0
Dim. Horizontal Par. Externa Leste	0	0	0
Dim. Horizontal Par. Interna Leste	2.81	2.73	2.81
Área de superfície dos elementos transparentes Leste	0	0	0
AHSd Oeste	0	0	0
AHSe Oeste	0	0	0
AOV fac Oeste	0	0	0
AVS Oeste	0	0	0
Dim. Horizontal Par. Externa Oeste	2.81	2.81	2.81
Dim. Horizontal Par. Interna Oeste	0	0	0
Área de superfície dos elementos transparentes Oeste	0	0	0
Porta Interna: Norte	Não	Não	Não
Porta Interna: Sul	Sim	Sim	Sim
Porta Interna: Leste	Não	Não	Não
Porta Interna: Oeste	Não	Não	Não

Parâmetro	Obtenção dos dados do Dormitório 02		
	Revit	ArchiCAD	Manual
Uso do Ambiente	Dormitório	Dormitório	Dormitório
CEEr	0	0	0
CEEa	0	0	0
Condição de exposição do piso	Contato com o solo	Contato com o solo	Contato com o solo
Condição de exposição da cobertura	Exposto ao sol e ao vento	Exposto ao sol e ao vento	Exposto ao sol e ao vento
Área do APP (m²)	10.48	10.48	10.50
Pé Direito (m)	3	3	3
Possui Veneziana	Não	Não	Não
Ângulo de desvio em relação ao norte verdadeiro	0	0	0
Área efetiva de ventilação (m²)	1.03	1.03	1.02
Transmitância térmica do elemento transparente	5.7	5.7	5.7
Fator solar do elemento transparente	0.82	0.82	0.82
Transmitância térmica do piso	4	4	4
Capacidade térmica do piso	220	220	220
Absortância da parede externa	0.37	0.37	0.37
Transmitância térmica da parede externa	1.85	1.85	1.85
Capacidade térmica da parede externa	161	161	161
Absortância da cobertura	0.64	0.64	0.64
Transmitância térmica da cobertura	1.79	1.79	1.79
Capacidade térmica da cobertura	185	185	185
Dim. Horizontal de paredes em contato com APT	0	0	0
Dim. Horizontal de paredes em contato com dormitório	5.52	5.29	5.61
Dim. Horizontal de paredes em contato com a sala	0.9	0.92	0.9
AHSd Norte	0	0	0
AHSe Norte	0	0	0
AOV fac Norte	0	0	0
AVS Norte	0	0	0
Dim. Horizontal Par. Externa Norte	2.71	2.72	2.72
Dim. Horizontal Par. Interna Norte	0	0	0
Área de superfície dos elementos transparentes Norte	1.99	1.99	2.04
AHSd Sul	0	0	0
AHSe Sul	0	0	0
AOV fac Sul	0	0	0
AVS Sul	0	0	0
Dim. Horizontal Par. Externa Sul	0	0	0

Dim. Horizontal Par. Interna Sul	2.71	2.56	2.72
Área de superfície dos elementos transparentes Sul	0	0	0
AHSd Leste	0	0	0
AHSe Leste	0	0	0
AOV fac Leste	0	0	0
AVS Leste	0	0	0
Dim. Horizontal Par. Externa Leste	3.86	3.86	3.86
Dim. Horizontal Par. Interna Leste	0	0	0
Área de superfície dos elementos transparentes Leste	0	0	0
AHSd Oeste	0	0	0
AHSe Oeste	0	0	0
AOV fac Oeste	0	0	0
AVS Oeste	0	0	0
Dim. Horizontal Par. Externa Oeste	0	0	0
Dim. Horizontal Par. Interna Oeste	3.71	3.65	3.86
Área de superfície dos elementos transparentes Oeste	0	0	0
Porta Interna: Norte	Não	Não	Não
Porta Interna: Sul	Não	Não	Não
Porta Interna: Leste	Não	Não	Não
Porta Interna: Oeste	Sim	Sim	Sim

Parâmetro	Obtenção dos dados do Dormitório 03		
	Revit	ArchiCAD	Manual
Uso do Ambiente	Dormitório	Dormitório	Dormitório
CEEr	0	0	0
CEEa	0	0	0
Condição de exposição do piso	Contato com o solo	Contato com o solo	Contato com o solo
Condição de exposição da cobertura	Exposto ao sol e ao vento	Exposto ao sol e ao vento	Exposto ao sol e ao vento
Área do APP (m²)	5.72	5.73	5.74
Pé Direito (m)	3	3	3
Possui Veneziana	Não	Não	Não
Ângulo de desvio em relação ao norte verdadeiro	0	0	0
Área efetiva de ventilação (m²)	0.77	0.77	0.75
Transmitância térmica do elemento transparente	5.7	5.7	5.7
Fator solar do elemento transparente	0.82	0.82	0.82
Transmitância térmica do piso	4	4	4
Capacidade térmica do piso	220	220	220

Absortância da parede externa	0.37	0.37	0.37
Transmitância térmica da parede externa	1.85	1.85	1.85
Capacidade térmica da parede externa	161	161	161
Absortância da cobertura	0.64	0.64	0.64
Transmitância térmica da cobertura	1.79	1.79	1.79
Capacidade térmica da cobertura	185	185	185
Dim. Horizontal de paredes em contato com APT	0	0	0
Dim. Horizontal de paredes em contato com dormitório	2.71	2.56	2.72
Dim. Horizontal de paredes em contato com a sala	4.81	4.73	4.83
AHSd Norte	0	0	0
AHSe Norte	0	0	0
AOV fac Norte	0	0	0
AVS Norte	0	0	0
Dim. Horizontal Par. Externa Norte	0	0	0
Dim. Horizontal Par. Interna Norte	2.71	2.56	2.72
Área de superfície dos elementos transparentes Norte	0	0	0
AHSd Sul	0	0	0
AHSe Sul	0	0	0
AOV fac Sul	0	0	0
AVS Sul	0	0	0
Dim. Horizontal Par. Externa Sul	0	0	0
Dim. Horizontal Par. Interna Sul	2.71	2.56	2.72
Área de superfície dos elementos transparentes Sul	0	0	0
AHSd Leste	0	0	0
AHSe Leste	0	0	0
AOV fac Leste	0	0	0
AVS Leste	0	0	0
Dim. Horizontal Par. Externa Leste	2.1	2.11	2.11
Dim. Horizontal Par. Interna Leste	0	0	0
Área de superfície dos elementos transparentes Leste	1.49	1.49	1.50
AHSd Oeste	0	0	0
AHSe Oeste	0	0	0
AOV fac Oeste	0	0	0
AVS Oeste	0	0	0
Dim. Horizontal Par. Externa Oeste	0	0	0
Dim. Horizontal Par. Interna Oeste	2.1	2.11	2.11
Área de superfície dos elementos transparentes Oeste	0	0	0
Porta Interna: Norte	Não	Não	Não
Porta Interna: Sul	Não	Não	Não

Porta Interna: Leste	Não	Não	Não
Porta Interna: Oeste	Sim	Sim	Sim

Parâmetro	Obtenção dos dados da Sala /Cozinha		
	Revit	ArchiCAD	Manual
Uso do Ambiente	Sala	Sala	Sala
CEEr	0	0	0
CEEa	0	0	0
Condição de exposição do piso	Contato com o solo	Contato com o solo	Contato com o solo
Condição de exposição da cobertura	Exposto ao sol e ao vento	Exposto ao sol e ao vento	Exposto ao sol e ao vento
Área do APP (m²)	23.06	23.03	23.06
Pé Direito (m)	3	3	3
Possui Veneziana	Não	Não	Não
Ângulo de desvio em relação ao norte verdadeiro	0	0	0
Área efetiva de ventilação (m²)	0.77	0.77	0.75
Transmitância térmica do elemento transparente	5.7	5.7	5.7
Fator solar do elemento transparente	0.82	0.82	0.82
Transmitância térmica do piso	4	4	4
Capacidade térmica do piso	220	220	220
Absortância da parede externa	0.37	0.37	0.37
Transmitância térmica da parede externa	1.85	1.85	1.85
Capacidade térmica da parede externa	161	161	161
Absortância da cobertura	0.64	0.64	0.64
Transmitância térmica da cobertura	1.79	1.79	1.79
Capacidade térmica da cobertura	185	185	185
Dim. Horizontal de paredes em contato com APT	3.44	3.37	3.82
Dim. Horizontal de paredes em contato com dormitório	6.62	6.47	7.17
Dim. Horizontal de paredes em contato com a sala	0	0	0
AHSd Norte	0	0	0
AHSe Norte	0	0	0
AOV fac Norte	0	0	0
AVS Norte	0	0	0
Dim. Horizontal Par. Externa Norte	1.52	1.53	1.52

Dim. Horizontal Par. Interna Norte	4.72	4.48	5.19
Área de superfície dos elementos transparentes Norte	1.49	1.49	1.50
AHSd Sul	0	0	0
AHSe Sul	0	0	0
AOV fac Sul	0	0	0
AVS Sul	0	0	0
Dim. Horizontal Par. Externa Sul	6.7	6.62	6.7
Dim. Horizontal Par. Interna Sul	0	0	0
Área de superfície dos elementos transparentes Sul	0	0	0
AHSd Leste	0	0	0
AHSe Leste	0	0	0
AOV fac Leste	0	0	0
AVS Leste	0	0	0
Dim. Horizontal Par. Externa Leste	2.63	2.64	2.64
Dim. Horizontal Par. Interna Leste	3	3.09	3.31
Área de superfície dos elementos transparentes Leste	0	0	0
AHSd Oeste	0	0	0
AHSe Oeste	0	0	0
AOV fac Oeste	0	0	0
AVS Oeste	0	0	0
Dim. Horizontal Par. Externa Oeste	3.45	3.52	3.45
Dim. Horizontal Par. Interna Oeste	2.34	2.27	2.49
Área de superfície dos elementos transparentes Oeste	0	0	0
Porta Interna: Norte	Sim	Sim	Sim
Porta Interna: Sul	Não	Não	Não
Porta Interna: Leste	Sim	Sim	Sim
Porta Interna: Oeste	Não	Não	Não

APÊNDICE II CÓDIGO DA FERRAMENTA

```
_info = {
    "name": "INI-R - METAMODELO",
    "author": "Thiago Costa Godoi",
    "version": (1, 0),
    "blender": (3, 5, 0),
    "location": "View3D > Panel > My Tools",
    "description": "Preenchimento e Integração de dados da planilha modelo da INI-R com arquivos IFC",
    "warning": "",
    "doc_url": "",
    "category": "User",
}
```

```
import blenderbim.bim.ifc
import bpy
import ifcopenshell
import ifcopenshell.api
import ifcopenshell.util
from blenderbim.bim.ifc import IfcStore
from blenderbim.bim.module.pset.data import Data
from bpy.props import EnumProperty, PointerProperty, StringProperty
from bpy.types import Operator, Panel, PropertyGroup
from bpy_extras.io_utils import ImportHelper
from bpy.utils import register_class
from datetime import datetime
from ifcopenshell.util.selector import Selector
from openpyxl import load_workbook
import openpyxl
```

Definições das Funções:

```
# Filtro de visualização dos elementos
# Ambientes
def isolate_spaces(props):
    for ob in bpy.data.objects:
        ob.hide_set("IfcSpace" not in ob.name)
        ob.color = (0.65, 0.65, 0.65, 1)
```

```
# Paredes
def isolate_walls(props):
    for ob in bpy.data.objects:
        ob.hide_set("IfcWall" not in ob.name)
        ob.color = (0.65, 0.65, 0.65, 1)
```

```
# Pisos
def isolate_floors(props):
    for ob in bpy.data.objects:
        ob.hide_set(not "IfcSlab" in ob.name)
        ob.color = (0.65, 0.65, 0.65, 1)
```

```
# Coberturas
def isolate_roofs(props):
    for ob in bpy.data.objects:
        ob.hide_set(not "IfcRoof" in ob.name)
        ob.color = (0.65, 0.65, 0.65, 1)
```

```

#Portas
def isolate_door(props):
    objs = bpy.data.objects
    cols = bpy.data.collections
    listcollection = []
    ifc_file = IfcStore.get_file()

    for collection in bpy.data.collections:
        string = collection.name
        if "Boundaries" in string:
            listcollection.append(collection)
        else:
            print("Not Found")
            for objs2 in collection.objects:
                objs2.hide_set(True)
    for col in listcollection:
        print('RelSpace', col.name)
        for obj in col.objects:
            id = obj.BIMObjectProperties.ifc_definition_id
            if not id==0:
                ifc_obj = ifc_file.by_id(id)
                obElement = ifc_obj.RelatedBuildingElement
                if obElement is not None:
                    if obElement.is_a("IfcDoor") == True:
                        obj.hide_set(False)
                    else:
                        obj.hide_set(True)

# Janelas
def isolate_window(props):
    for ob in bpy.data.objects:
        ob.hide_set(not "IfcWindow" in ob.name)
        ob.color = (0.65, 0.65, 0.65, 1)

# Superfície de Paredes
def isolate_wall_surfaces(props):
    objs = bpy.data.objects
    cols = bpy.data.collections
    listcollection = []
    ifc_file = IfcStore.get_file()

    for collection in bpy.data.collections:
        string = collection.name
        if "Boundaries" in string:
            print("Found")
            listcollection.append(collection)
        else:
            print("Not Found")
            for objs2 in collection.objects:
                objs2.hide_set(True)

    for col in listcollection:
        print('RelSpace', col.name)
        for obj in col.objects:
            id = obj.BIMObjectProperties.ifc_definition_id
            if not id==0:
                ifc_obj = ifc_file.by_id(id)
                obElement = ifc_obj.RelatedBuildingElement
                if obElement is not None:

```

```

        if obElement.is_a("IfcWall") == True:
            obj.hide_set(False)
        else:
            obj.hide_set(True)

# Preenchimento dos elementos

# Janelas
def fill_windows(props):
    objs = bpy.context.selected_objects
    ifc_file = IfcStore.get_file()
    if objs:
        for obj in objs:
            id = obj.BIMObjectProperties.ifc_definition_id
            if not id==0:
                ifc_obj = ifc_file.by_id(id)
                if (ifc_obj.is_a('IfcWindow')):

                    pset= ifcopenshell.util.element.get_pset(ifc_obj, "Qto_WindowBaseQuantities","Area")
                    props.AreaS = pset

                    property_values={
                        'Direcao' : props.direcao,
                        'Transmitancia do elemento transparente' : props.jan_u,
                        'Porcentagem de transparencia' : props.perc tj,
                        'Porcentagem de ventilacao' : props.percvj,
                        'Possui Veneziana' : props.venezianaj,
                        'Area' : props.AreaS,
                        'Area Ventilada' : props.AreaS*(props.percvj/100),
                        'Area Transparente' : props.AreaS*(props.perc tj/100),
                        'Fator Solar' : props.jan_FS,
                    }
                    try:
                        pset = ifcopenshell.api.run("pset.add_pset", ifc_file, product=ifc_obj,
name="METAMODELO - INI-R")
                        ifcopenshell.api.run("pset.edit_pset", ifc_file, pset=pset, properties=property_values)
                    except:
                        print("Error!")

                    bpy.data.objects[obj.name].color = (0.071,1,0.065, 0.5)
                    bpy.ops.bim.disable_editing_attributes(obj=obj.name, obj_type="Object")
                    bpy.ops.bim.edit_attributes(obj=obj.name, obj_type="Object")

# Coberturas
def fill_roofs(props):
    selected_objects = bpy.context.selected_objects
    ifc_file = IfcStore.get_file()

    for obj in selected_objects:
        ifc_definition_id = obj.BIMObjectProperties.ifc_definition_id
        if ifc_definition_id == 0:
            continue

        object_name = obj.name
        bpy.ops.bim.enable_editing_attributes(obj=object_name, obj_type="Object")
        ifc_object = ifc_file.by_id(ifc_definition_id)

        if ifc_object.is_a('IfcRoof'):

```

```

if props.cob_tipo == "Laje maciça (10cm) sem telhamento":
    props.cob_u = 4.000
    props.cob_ct = 220

elif props.cob_tipo == "Laje pre-moldada 12 cm (concreto 4 cm+lajota cerâmica 7cm+
argamassa 1cm) sem telhamento":
    props.cob_u = 2.58
    props.cob_ct = 167

elif props.cob_tipo == "Laje pré-moldada 12 cm (concreto 4 cm+ EPS 7cm+ argamassa 1cm)":
    props.cob_u = 1.44
    props.cob_ct = 132

elif props.cob_tipo == "Laje maciça 10 cm + Câmara de ar >5cm + Telha cerâmica":
    props.cob_u = 2.12
    props.cob_ct = 238

elif props.cob_tipo == "Laje pré-moldada 12 cm (concreto 4cm+ lajota cerâmica 7cm+
argamassa 1cm)+ Câmara de ar >5cm+ Telha cerâmica":
    props.cob_u = 1.64
    props.cob_ct = 185

elif props.cob_tipo == "Forro de gesso 3 cm + Câmara de ar >5 cm+ Telha cerâmica 1 cm":
    props.cob_u = 1.74
    props.cob_ct = 37

elif props.cob_tipo == "Laje maciça 10 cm + Câmara de ar > 5cm + Telha fibrocimento":
    props.cob_u = 2.13
    props.cob_ct = 233

elif props.cob_tipo == "Laje pré-moldada 12 cm (concreto 4cm+ lajota cerâmica 7cm
+argamassa 1 cm)+Câmara de ar >5cm+ Telha fibrocimento 0,8cm":
    props.cob_u = 1.64
    props.cob_ct = 180

elif props.cob_tipo == "Forro gesso 3 cm+ Câmara de ar >5cm +Telha fibrocimento":
    props.cob_u = 1.75
    props.cob_ct = 32

elif props.cob_tipo == "Laje pre-moldada 12 cm(concreto 4cm+ EPS 7cm + argamassa 1cm) +
Câmara de ar >5cm + Telha cerâmica":
    props.cob_u = 1.09
    props.cob_ct = 150

elif props.cob_tipo == "Laje pré-moldada 12 cm (concreto 4 cm+ EPS 7cm + argamassa 1cm)
+ Câmara de ar >5cm+ + Telha fibrocimento":
    props.cob_u = 1.09
    props.cob_ct = 145

elif props.cob_tipo == "Laje pré-moldada 12 cm (concreto 4 cm + EPS 7 cm + argamassa 1
cm) + Câmara de ar >5cm + Telha metálica 0,06cm":
    props.cob_u = 1.10
    props.cob_ct = 134

elif props.cob_tipo == "Laje pré-moldada 12 cm (concreto 4 cm + lajota cerâmica 7cm +
argamassa 1 cm)+ Câmara de ar > 5cm + Telha metálica 0,06cm":
    props.cob_u = 1.68
    props.cob_ct = 169

```

```
elif props.cob_tipo == "Telha maciça 10 cm + Câmara de ar > 5cm + Telha metálica 0,1cm +
Poliuretano 4 cm + Telha metálica 0,1cm":
```

```
    props.cob_u = 0.58
    props.cob_ct = 230
```

```
elif props.cob_tipo == "Laje pré-moldada 12 cm (concreto 4 cm + EPS 7cm + argamassa
1cm)+ Câmara de ar > 5 cm + Telha metálica 0,1cm + Poliuretano 4 cm + Telha metálica 0,1cm":
```

```
    props.cob_u = 0.46
    props.cob_ct = 176
```

```
elif props.cob_tipo == "Laje maciça 10 cm + Câmara de ar > 5 cm + Telha metálica 0,1 cm +
Poliestireno (isopor) 4 cm + Telha metálica 0,1cm":
```

```
    props.cob_u = 0.61
    props.cob_ct = 229
```

```
elif props.cob_tipo == "Laje pré-moldada 12 cm (concreto 4 cm + EPS 7cm + argamassa 1
cm)+ Câmara de ar > 5cm + Telha metálica 0,1 cm+ Poliestireno 4 cm + Telha metálica 0,1 cm":
```

```
    props.cob_u = 0.56
    props.cob_ct = 176
```

```
property_values = {
    'Absortancia': round(props.cob_a, 2),
    'Transmitancia': round(props.cob_u, 2),
    'Capacidade Termica': round(props.cob_ct, 2),
    'Exposicao da cobertura': props.exposicaocobertura,
}
```

```
try:
    pset = ifcopenshell.api.run("pset.add_pset", ifc_file, product=ifc_object,
name="METAMODELO - INI-R")
    ifcopenshell.api.run("pset.edit_pset", ifc_file, pset=pset, properties=property_values)
except:
    print("Falha ao adicionar/editar PSet")
    print(object_name)
```

```
bpy.data.objects[object_name].color = (0.071, 1, 0.065, 0.5)
bpy.ops.bim.disable_editing_attributes(obj=object_name, obj_type="Object")
bpy.ops.bim.edit_attributes(obj=object_name, obj_type="Object")
```

```
# Pisos
```

```
def fill_floors(props):
```

```
    selected_objects = bpy.context.selected_objects
```

```
    ifc_file = IfcStore.get_file()
```

```
    if selected_objects:
```

```
        for obj in selected_objects:
```

```
            ifc_definition_id = obj.BIMObjectProperties.ifc_definition_id
```

```
            if ifc_definition_id == 0:
```

```
                continue
```

```
            object_name = obj.name
```

```
            bpy.ops.bim.enable_editing_attributes(obj=object_name, obj_type="Object")
```

```
            ifc_object = ifc_file.by_id(ifc_definition_id)
```

```
            property_values = {
                'Transmitancia': props.piso_u,
                'Capacidade Termica': props.piso_ct,
                'Exposicao do piso': props.exposicaopiso,
            }
```

```

    try:
        pset = ifcopenshell.api.run("pset.add_pset", ifc_file, product=ifc_object,
name="METAMODELO - INI-R")
        ifcopenshell.api.run("pset.edit_pset", ifc_file, pset=pset, properties=property_values)
    except:
        print("Falha ao adicionar/editar PSet")
        print(object_name)

    bpy.data.objects[object_name].color = (0.071, 1, 0.065, 0.5)
    bpy.ops.bim.disable_editing_attributes(obj=object_name, obj_type="Object")
    bpy.ops.bim.edit_attributes(obj=object_name, obj_type="Object")

# Portas
def fill_doors(props):
    selected_objects = bpy.context.selected_objects
    ifc_file = IfcStore.get_file()

    for obj in selected_objects:
        ifc_definition_id = obj.BIMObjectProperties.ifc_definition_id
        if ifc_definition_id == 0:
            continue

        object_name = obj.name
        bpy.ops.bim.enable_editing_attributes(obj=object_name, obj_type="Object")
        ifc_object = ifc_file.by_id(ifc_definition_id)

        obj.BIMAttributeProperties.attributes[2].string_value = props.direcaoDoor
        bpy.data.objects[object_name].color = (0.071, 1, 0.065, 0.5)
        bpy.ops.bim.disable_editing_attributes(obj=object_name, obj_type="Object")
        bpy.ops.bim.edit_attributes(obj=object_name, obj_type="Object")

# Ambientes
def config_spaces(props):
    selected_objects = bpy.context.selected_objects
    ifc_file = IfcStore.get_file()

    for obj in selected_objects:
        ifc_definition_id = obj.BIMObjectProperties.ifc_definition_id
        if ifc_definition_id == 0:
            continue

        ifc_obj = ifc_file.by_id(ifc_definition_id)
        if not ifc_obj.is_a('IfcSpace'):
            continue

        object_name = obj.name

        pset_area = ifcopenshell.util.element.get_pset(ifc_obj, "Dimensões", "Área") or
ifcopenshell.util.element.get_pset(ifc_obj, "Dimensions", "Area") or
ifcopenshell.util.element.get_pset(ifc_obj, "Qto_SpaceBaseQuantities", "NetFloorArea")
        props.AreaS = round(pset_area, 2)

        pset_pe_direito = ifcopenshell.util.element.get_pset(ifc_obj, "Dimensões", "Altura não
delimitada") or ifcopenshell.util.element.get_pset(ifc_obj, "Dimensions", "Unbounded Height") or
ifcopenshell.util.element.get_pset(ifc_obj, "Qto_SpaceBaseQuantities", "Height")
        props.PeDireitoS = round(pset_pe_direito, 2)

    prop = {

```

```

'Angulo de Desvio': round(props.ADesvioN, 2),
'Uso': props.UsoS,
'CEEr': round(props.CEEr, 2),
'CEEa': round(props.CEEa, 2),
'Area': round(props.AreaS, 2),
'Pe Direito': round(props.PeDireitoS, 2),
'APP': props.APPS
}

pset = ifcopenshell.api.run("pset.add_pset", ifc_file, product=ifc_obj, name=props.pset)
ifcopenshell.api.run("pset.edit_pset", ifc_file, pset=pset, properties=prop)

bpy.data.objects[object_name].color = (0.071, 1, 0.065, 0.5)
bpy.ops.bim.disable_editing_attributes(obj=object_name, obj_type="Object")
bpy.ops.bim.edit_attributes(obj=object_name, obj_type="Object")

# Paredes
def fill_wall_surfaces(props):
    selected_objects = bpy.context.selected_objects
    ifc_file = IfcStore.get_file()

    for obj in selected_objects:
        ifc_definition_id = obj.BIMObjectProperties.ifc_definition_id
        if ifc_definition_id == 0:
            continue

        object_name = obj.name
        bpy.ops.bim.enable_editing_attributes(obj=object_name, obj_type="Object")

        ifc_obj = ifc_file.by_id(ifc_definition_id)

        obj.BIMAttributeProperties.attributes[2].string_value = props.UsoWall + " " + props.direcao
        bpy.data.objects[object_name].color = (0.071, 1, 0.065, 0.5)
        bpy.ops.bim.disable_editing_attributes(obj=object_name, obj_type="Object")
        bpy.ops.bim.edit_attributes(obj=object_name, obj_type="Object")

def fill_wall_parameters(props):
    selected_objects = bpy.context.selected_objects
    ifc_file = IfcStore.get_file()

    for obj in selected_objects:
        ifc_definition_id = obj.BIMObjectProperties.ifc_definition_id
        if ifc_definition_id == 0:
            continue

        object_name = obj.name
        bpy.ops.bim.enable_editing_attributes(obj=object_name, obj_type="Object")

        ifc_obj = ifc_file.by_id(ifc_definition_id)

        if ifc_obj.is_a('IfcWall'):
            pset_width = ifcopenshell.util.element.get_pset(ifc_obj, "Construction", "Width") or
            ifcopenshell.util.element.get_pset(ifc_obj, "Qto_WallBaseQuantities", "Width")
            pset_length = ifcopenshell.util.element.get_pset(ifc_obj, "Dimensions", "Length") or
            ifcopenshell.util.element.get_pset(ifc_obj, "Qto_WallBaseQuantities", "Length")

```

```

    if props.par_tipo == "Argamassa interna (2,5cm)+Bloco de concreto (9,0 x 19,0 x
39,0cm)+Argamassa externa (2,5cm)+Pintura externa":
        props.par_u = 2.72
        props.par_ct = 209

    elif props.par_tipo == "Gesso interno (2,0cm) + Bloco de concreto (9,0 x 19,0 x
39,0cm)+Argamassa externa (2,5cm)+Pintura externa":
        props.par_u = 2.83
        props.par_ct = 159

    elif props.par_tipo == "Argamassa interna (2,5cm) + Bloco de concreto (14,0 x 19,0 x
39,0cm)+Argamassa externa (2,5cm)+Pintura externa":
        props.par_u = 2.48
        props.par_ct = 272

    elif props.par_tipo == "Gesso interno (2,0cm) + Bloco de concreto (14,0 x 19,0 x
39,0cm)+Argamassa externa (2,5cm)+Pintura externa":
        props.par_u = 2.57
        props.par_ct = 222

    elif props.par_tipo == "Sem revestimento interno + concreto maciço (10,0 cm) + Sem
revestimento externo":
        props.par_u = 4.68
        props.par_ct = 240

    elif props.par_tipo == "Argamassa interna (2,5cm)+Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x
24,0cm)+Argamassa externa (2,5cm)+Pintura externa":
        props.par_u = 2.27
        props.par_ct = 150

    elif props.par_tipo == "Gesso interno (0,2cm)+Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x
24,0cm)+Argamassa externa (2,5cm)+Pintura externa":
        props.par_u = 2.35
        props.par_ct = 100

    elif props.par_tipo == "Sem revestimento interno +Bloco cerâmico (9,0 x 9,0 x 24,0cm)+Sem
revestimento externo":
        props.par_u = 2.70
        props.par_ct = 42

    elif props.par_tipo == "Argamassa interna (2,5cm)+Bloco cerâmico (14,0 x 19,0 x
29,0cm)+Argamassa externa (2,5cm)+Pintura externa":
        props.par_u = 1.73
        props.par_ct = 161

    elif props.par_tipo == "Gesso interno (0,2cm)+Bloco cerâmico (14,0 x 19,0 x
29,0cm)+Argamassa externa (2,5cm)+Pintura externa":
        props.par_u = 1.78
        props.par_ct = 105

    elif props.par_tipo == "Sem revestimento interno +Bloco cerâmico (9,0 x 9,0 x 24,0cm)+Sem
revestimento externo":
        props.par_u = 3.59
        props.par_ct = 158

    elif props.par_tipo == "Argamassa interna (2,5cm)+Bloco cerâmico (14,0 x 19,0 x 29,0cm)+Lã
de Rocha (4cm) + Bloco cerâmico (14,0 x 19,0 x 29,0cm) + Argamassa externa (2,5cm)":
        props.par_u = 0.61

```

```

    props.par_ct = 199

    elif props.par_tipo == "Argamassa interna (2,5cm)+Bloco cerâmico (9,0 x 19,0 x
19,0cm)+Argamassa externa (2,5cm)+Pintura externa":
        props.par_u = 2.26
        props.par_ct = 151

    elif props.par_tipo == "Argamassa interna (2,5cm)+Bloco cerâmico (12,0 x 19,0 x
19,0cm)+Argamassa externa (2,5cm)+Pintura externa":
        props.par_u = 2.21
        props.par_ct = 155

    elif props.par_tipo == "Placa de gesso (1,25cm) + Câmara de ar (>2cm) + Placa de gesso
(1,25cm)":
        props.par_u = 2.32
        props.par_ct = 19.6

    elif props.par_tipo == "Placa de gesso (1,25cm) + Lã de vidro (10cm) + Placa de gesso
(1,25cm)":
        props.par_u = 0.37
        props.par_ct = 27.1

    elif props.par_tipo == "Placa de gesso (1,25cm) + Lã de vidro (7,5cm) + Placa de gesso
(1,25cm)":
        props.par_u = 0.48
        props.par_ct = 25.2

    elif props.par_tipo == "Placa de gesso (1,25cm) + Câmara de ar (>2cm) + Placa de cimentícia
(1cm)":
        props.par_u = 2.56
        props.par_ct = 25.8

    elif props.par_tipo == "Placa de gesso (1,25cm) + Lã de vidro 10cm) + Placa de cimentícia
(1cm)":
        props.par_u = 0.37
        props.par_ct = 33.3

    elif props.par_tipo == "Placa de gesso (1,25cm) + Lã de vidro (7,5cm) + Placa cimentícia
(1cm)":
        props.par_u = 0.48
        props.par_ct = 31.4

    elif props.par_tipo == "Placa de gesso (1,25cm) + Lã de rocha (9cm) + Placa cimentícia
(1cm)":
        props.par_u = 0.42
        props.par_ct = 32.5

    prop = {
        'Transmitancia': round(props.par_u, 2),
        'Capacidade Termica': round(props.par_ct, 3),
        'Absortancia': round(props.par_a,3),
        'DHSd': round(props.par_dhsd, 3),
        'DHSe': round(props.par_dhse, 3),
        'DVSfac': round(props.par_dvsfac, 3),
        'DVE': round(props.par_dve, 3),
        'Dim. Interna': round(pset_length - pset_width, 2)
    }

```

```

    try:
        pset = ifcopenshell.api.run("pset.add_pset", ifc_file, product=ifc_obj, name="METAMODELO
- INI-R")
        ifcopenshell.api.run("pset.edit_pset", ifc_file, pset=pset, properties=prop)
    except:
        print("Não deu")

    print(props.par_tipo)

    bpy.data.objects[object_name].color = (0.071, 1, 0.065, 0.5)
    bpy.ops.bim.disable_editing_attributes(obj=object_name, obj_type="Object")
    bpy.ops.bim.edit_attributes(obj=object_name, obj_type="Object")

# Preenchimento dos dados e integração com a planilha Excel Modelo da INI-R
#def abrirWebINIR(props):
def fill_parameters(props):
# Declaração das variáveis dos elementos:
    listcollection = []
    listCollectionAPP = []
    listnapp = []
    IDimHAPT01 = []
    IDimHAPT02 = []
    IDimHSala01 = []
    IDimHSala02 = []
    IDimHDormitorio01 = []
    IDimHDormitorio02 = []
    listUsoAmb = []
    listCEEa = []
    listCEEr = []

# Declaração de variáveis de Paredes
    IWallUP = []
    IWallU01 = []
    IWallU02 = []
    IWallCT01 = []
    IWallCT02 = []
    IWallA01 = []
    IWallA02 = []

    IWallDHSd01N = []
    IWallDHSd02N = []
    IWallDHSd01S = []
    IWallDHSd02S = []
    IWallDHSd01L = []
    IWallDHSd02L = []
    IWallDHSd01W = []
    IWallDHSd02W = []

    IWallDHSe01N = []
    IWallDHSe02N = []
    IWallDHSe01S = []
    IWallDHSe02S = []
    IWallDHSe01L = []
    IWallDHSe02L = []
    IWallDHSe01W = []
    IWallDHSe02W = []

    IWallDVE01N = []
    IWallDVE02N = []

```

IWallDVE01S = []
 IWallDVE02S = []
 IWallDVE01L = []
 IWallDVE02L = []
 IWallDVE01W = []
 IWallDVE02W = []

IWallDVSfac01N = []
 IWallDVSfac02N = []
 IWallDVSfac01S = []
 IWallDVSfac02S = []
 IWallDVSfac01L = []
 IWallDVSfac02L = []
 IWallDVSfac01W = []
 IWallDVSfac02W = []

IWallDimE02N = []
 IWallDimE02N = []
 IWallDimE02S = []
 IWallDimE02S = []
 IWallDimE02L = []
 IWallDimE02L = []
 IWallDimE02W = []
 IWallDimE02W = []
 IWallDimI02N = []
 IWallDimI02N = []
 IWallDimI02S = []
 IWallDimI02S = []
 IWallDimI02L = []
 IWallDimI02L = []
 IWallDimI02W = []
 IWallDimI02W = []

IWallArea01 = []
 IWallArea02 = []

Declaração de variáveis dos Ambientes

ISpaceUso = []
 ISpaceCEEr = []
 ISpaceCEEa = []
 ISpaceArea = []
 IaDesvio01 = []
 IaDesvio02 = []
 ISpacePeDireito = []
 ISpaceAreaAPT01 = []
 ISpaceAreaAPT02 = []

Declaração de variáveis dos Pisos

lexppiso = []
 ISlabU = []
 ISlabCT = []

Declaração de variáveis das Coberturas

lexpcob = []
 IRoofA = []
 IRoofCT = []
 IRoofU = []

Declaração de variáveis das Janelas

```

IWindowVeneziana = []
IWindowVeneziana02 = []
IWindowArea = []
IWindowAreaVentilada01 = []
IWindowAreaVentilada02 = []
IWindowAreaTransparente01 = []
IWindowAreaTransparente02 = []
IWindowAreaPV = []
IWindowU01 = []
IWindowU02 = []
IWindowFS = []
IWindowFS02 = []
IWindowArea01 = []
IWindowArea02 = []
IWindowAreaTN01 = []
IWindowAreaTN02 = []
IWindowAreaTS01 = []
IWindowAreaTS02 = []
IWindowAreaTL01 = []
IWindowAreaTL02 = []
IWindowAreaTW01 = []
IWindowAreaTW02 = []

```

Declaração de variáveis das Portas

```

IDoorN01 = []
IDoorN02 = []
IDoorS01 = []
IDoorS02 = []
IDoorL01 = []
IDoorL02 = []
IDoorW01 = []
IDoorW02 = []

```

#

```

ifc_file = IfcStore.get_file()
i=0
for collection in bpy.data.collections:
    string = collection.name
    if "IfcSpace" in string:
        listcollection.append(collection)
for col in listcollection:
    print("Collection:", col.name)
    for ob in col.objects:
        print("Espaço:")
        id = ob.BIMObjectProperties.ifc_definition_id
        ifc_obj = ifc_file.by_id(id)
        NName = ob.name
        bpy.ops.bim.enable_editing_attributes(obj=NName, obj_type="Object")
        f = blenderbim.bim.ifc.IfStore.get_file()
        SpaceX = f.by_guid(bpy.data.objects[NName].BIMAttributeProperties.attributes[0].string_value
)

```

Integração dos dados dos Ambientes:

```

if ob.name.startswith("IfcSpace"):
    pset_app = ifcopenshell.util.element.get_pset(ifc_obj, "METAMODELO - INI-R", "APP")
    if pset_app == True:
        listCollectionAPP.append(col)
        listnapp.append(ob)
    pset_uso = ifcopenshell.util.element.get_pset(ifc_obj, "METAMODELO - INI-R", "Uso")

```

```

        listUsoAmb.append(pset_uso)
        pset_CEEa= ifcopenshell.util.element.get_pset(ifc_obj, "METAMODELO - INI-R","CEEa")
        listCEEa.append(pset_CEEa)
        pset_CEEr= ifcopenshell.util.element.get_pset(ifc_obj, "METAMODELO - INI-R","CEEr")
        listCEEr.append(pset_CEEr)

    else:
        pset_AreaAPT = ifcopenshell.util.element.get_pset(ifc_obj, "METAMODELO - INI-
R","Area")
        ISpaceAreaAPT01.append(pset_AreaAPT)

# Percorre os ambientes de Permanência Prolongada:
for col2 in listCollectionAPP:
# Limpeza de Variáveis
    IWallA01 = []
    IWallArea01 = []
    IWallU01 = []
    IWallCT01 = []
    IWallDHSd01N = []
    IWallDHSd01S = []
    IWallDHSd01L = []
    IWallDHSd01W = []
    IWallDHSe01N = []
    IWallDHSe01S = []
    IWallDHSe01L = []
    IWallDHSe01W = []
    IWallDVE01N = []
    IWallDVE01S = []
    IWallDVE01L = []
    IWallDVE01W = []
    IWallDVSfac01N = []
    IWallDVSfac01S = []
    IWallDVSfac01L = []
    IWallDVSfac01W = []
    IWallDimE01N = []
    IWallDimI01N = []
    IWallDimE01S = []
    IWallDimI01S = []
    IWallDimE01L = []
    IWallDimI01L = []
    IWallDimE01W = []
    IWallDimI01W = []
    IDimHDormitorio01 = []
    IDimHAPT01 = []
    IDimHSala01 = []
    laDesvio01 = []
    IWindowVeneziana = []
    IWindowAreaVentilada01 = []
    IWindowAreaTransparente01 = []
    IWindowArea01 = []
    IWindowAreaTN01 = []
    IWindowAreaTS01 = []
    IWindowAreaTL01 = []
    IWindowAreaTW01 = []
    IDoorN01 = "Não"
    IDoorS01 = "Não"
    IDoorL01 = "Não"
    IDoorW01 = "Não"

```



```

for relDefinesByProperties in ifc_ele.IsDefinedBy:
    if relDefinesByProperties.RelatingPropertyDefinition.Name == 'METAMODELO':
        for prop in relDefinesByProperties.RelatingPropertyDefinition.HasProperties:
            if prop.Name == 'Direcao':
                if prop.NominalValue.wrappedValue=="Norte":
                    IWindowAreaTN01.append(sum(IWindowAreaTransparente01))
                    f = blenderbim.bim.ifc.IfcStore.get_file()

                if prop.NominalValue.wrappedValue=="Sul":
                    IWindowAreaTS01.append(sum(IWindowAreaTransparente01))
                    f = blenderbim.bim.ifc.IfcStore.get_file()

                if prop.NominalValue.wrappedValue=="Leste":
                    IWindowAreaTL01.append(sum(IWindowAreaTransparente01))
                    f = blenderbim.bim.ifc.IfcStore.get_file()

                if prop.NominalValue.wrappedValue=="Oeste":
                    IWindowAreaTW01.append(sum(IWindowAreaTransparente01))
                    f = blenderbim.bim.ifc.IfcStore.get_file()

except:
    print("Error!")

# Preenchimento dos dados das Portas

if ifc_ele.is_a('IfcDoor'):
    try:
        if IDoorN01 != "Sim":
            if "Norte" in ifc_obj.Description:
                IDoorN01 = "Sim"
            else:
                IDoorN01 = "Não"

        if IDoorS01 != "Sim":
            if "Sul" in ifc_obj.Description:
                IDoorS01 = "Sim"
            else:
                IDoorS01 = "Não"

        if IDoorL01 != "Sim":
            if "Leste" in ifc_obj.Description:
                IDoorL01 = "Sim"
            else:
                IDoorL01 = "Não"

        if IDoorW01 != "Sim":
            if "Oeste" in ifc_obj.Description:
                IDoorW01 = "Sim"
            else:
                IDoorW01 = "Não"
    except:
        print("Error!")

# Preenchimento dos dados Paredes Externas:

```

```

if ifc_ele.is_a('IfcWall'):
    try:
        if "Externo" in ifc_obj.Description:

            pset_Area = ifcopenshell.util.element.get_pset(ifc_ele,
"Qto_WallBaseQuantities", "NetSideArea")
            IWallArea01.append(pset_Area)

            pset_U = ifcopenshell.util.element.get_pset(ifc_ele, "METAMODELO - INI-
R", "Transmitancia")
            IWallU01.append(pset_U*(pset_Area))

            pset_CT = ifcopenshell.util.element.get_pset(ifc_ele, "METAMODELO - INI-
R", "Capacidade Termica")
            IWallCT01.append(pset_CT*(pset_Area))

            pset_A = ifcopenshell.util.element.get_pset(ifc_ele, "METAMODELO - INI-
R", "Absortancia")
            IWallA01.append(pset_A*(pset_Area))

            if "Norte" in ifc_obj.Description:
                f = blenderbim.bim.ifc.IfStore.get_file()
                print(ifc_ele.Name)
                for relDefinesByProperties in ifc_ele.IsDefinedBy:
                    if relDefinesByProperties.RelatingPropertyDefinition.Name ==
'METAMODELO - INI-R':
                        for prop in
relDefinesByProperties.RelatingPropertyDefinition.HasProperties:
                            if prop.Name == 'DHSd':

IWallDHSd01N.append(round(prop.NominalValue.wrappedValue,2))
                            if prop.Name == 'DHSe':

IWallDHSe01N.append(round(prop.NominalValue.wrappedValue,2))
                                if prop.Name == 'DVE':
                                    IWallDVE01N.append(round(prop.NominalValue.wrappedValue,2))
                                if prop.Name == 'DVSfac':

IWallDVSfac01N.append(round(prop.NominalValue.wrappedValue,2))

            pset = ifcopenshell.util.element.get_pset(ifc_ele, "METAMODELO - INI-
R", "Dim. Interna")
            IWallDimE01N.append(pset)

            if "Sul" in ifc_obj.Description:
                f = blenderbim.bim.ifc.IfStore.get_file()
                print(ifc_ele.Name)
                for relDefinesByProperties in ifc_ele.IsDefinedBy:
                    if relDefinesByProperties.RelatingPropertyDefinition.Name ==
'METAMODELO - INI-R':
                        for prop in
relDefinesByProperties.RelatingPropertyDefinition.HasProperties:
                            if prop.Name == 'DHSd':

IWallDHSd01S.append(round(prop.NominalValue.wrappedValue,2))

```

```

        if prop.Name == 'DHSe':

IWallDHSe01S.append(round(prop.NominalValue.wrappedValue,2))
        if prop.Name == 'DVE':
            IWallDVE01S.append(round(prop.NominalValue.wrappedValue,2))
        if prop.Name == 'DVSfac':

IWallDVSfac01S.append(round(prop.NominalValue.wrappedValue,2))

        # Dimensão Externa Sul
        pset = ifcopenshell.util.element.get_pset(ifc_ele, "METAMODELO - INI-
R", "Dim. Interna")
        IWallDimE01S.append(pset)

        if "Leste" in ifc_obj.Description:
            f = blenderbim.bim.ifc.IfcStore.get_file()
            print(ifc_ele.Name)
            for relDefinesByProperties in ifc_ele.IsDefinedBy:
                if relDefinesByProperties.RelatingPropertyDefinition.Name ==
'METAMODELO - INI-R':
                    for prop in
relDefinesByProperties.RelatingPropertyDefinition.HasProperties:
                        if prop.Name == 'DHSd':

IWallDHSd01L.append(round(prop.NominalValue.wrappedValue,2))
                        if prop.Name == 'DHSe':

IWallDHSe01L.append(round(prop.NominalValue.wrappedValue,2))
                        if prop.Name == 'DVE':
                            IWallDVE01L.append(round(prop.NominalValue.wrappedValue,2))
                        if prop.Name == 'DVSfac':

IWallDVSfac01L.append(round(prop.NominalValue.wrappedValue,2))

        # Dimensão Externa Leste
        pset = ifcopenshell.util.element.get_pset(ifc_ele, "METAMODELO - INI-
R", "Dim. Interna")
        IWallDimE01L.append(pset)

        if "Oeste" in ifc_obj.Description:
            f = blenderbim.bim.ifc.IfcStore.get_file()
            print(ifc_ele.Name)
            for relDefinesByProperties in ifc_ele.IsDefinedBy:
                if relDefinesByProperties.RelatingPropertyDefinition.Name ==
'METAMODELO - INI-R':
                    for prop in
relDefinesByProperties.RelatingPropertyDefinition.HasProperties:
                        if prop.Name == 'DHSd':

IWallDHSd01W.append(round(prop.NominalValue.wrappedValue,2))
                        if prop.Name == 'DHSe':

IWallDHSe01W.append(round(prop.NominalValue.wrappedValue,2))
                        if prop.Name == 'DVE':
                            IWallDVE01W.append(round(prop.NominalValue.wrappedValue,2))
                        if prop.Name == 'DVSfac':

```

```

IWallDVSfac01W.append(round(prop.NominalValue.wrappedValue,2))

        # Dimensão Externa Oeste
        pset = ifcopenshell.util.element.get_pset(ifc_ele, "METAMODELO - INI-
R","Dim. Interna")
        IWallDimE01W.append(pset)

        pset = ifcopenshell.util.element.get_pset(ifc_ele, "METAMODELO - INI-R","Dim.
Interna")

        if "Dormitório" in ifc_obj.Description:
            IDimHDormitorio01.append(pset)

        if "Norte" in ifc_obj.Description:
            IWallDimI01N.append(pset)

        if "Sul" in ifc_obj.Description:
            IWallDimI01S.append(pset)

        if "Leste" in ifc_obj.Description:
            IWallDimI01L.append(pset)

        if "Oeste" in ifc_obj.Description:
            IWallDimI01W.append(pset)

        if "APT" in ifc_obj.Description:
            IDimHAPT01.append(pset)

        if "Norte" in ifc_obj.Description:
            IWallDimI01N.append(pset)

        if "Sul" in ifc_obj.Description:
            IWallDimI01S.append(pset)

        if "Leste" in ifc_obj.Description:
            IWallDimI01L.append(pset)

        if "Oeste" in ifc_obj.Description:
            IWallDimI01W.append(pset)

        if "Sala" in ifc_obj.Description:
            IDimHSala01.append(pset)

        if "Norte" in ifc_obj.Description:
            IWallDimI01N.append(pset)

        if "Sul" in ifc_obj.Description:
            IWallDimI01S.append(pset)

        if "Leste" in ifc_obj.Description:
            IWallDimI01L.append(pset)

        if "Oeste" in ifc_obj.Description:
            IWallDimI01W.append(pset)

    except:
        print("Não deu")

```

```
print('Nome do elemento relacionado: ', ifc_ele.Name)
f = blenderbim.bim.ifc.IfCStore.get_file()
print(ifc_ele.Name)
```

```
if ifc_ele.is_a('IfcSlab'):
```

```

INI-R':
    for relDefinesByProperties in ifc_ele.IsDefinedBy:
        if relDefinesByProperties.RelatingPropertyDefinition.Name == 'METAMODELO -
            for prop in relDefinesByProperties.RelatingPropertyDefinition.HasProperties:
                if prop.Name == 'Exposicao do piso':
                    lexppiso.append(prop.NominalValue.wrappedValue)
                if prop.Name == 'Transmitancia':
                    ISlabU.append(prop.NominalValue.wrappedValue)
                if prop.Name == 'Capacidade Termica':
                    ISlabCT.append(prop.NominalValue.wrappedValue)
```

```
if ifc_ele.is_a('IfcRoof'):
```

```

INI-R':
    for relDefinesByProperties in ifc_ele.IsDefinedBy:
        if relDefinesByProperties.RelatingPropertyDefinition.Name == 'METAMODELO -
            for prop in relDefinesByProperties.RelatingPropertyDefinition.HasProperties:
                if prop.Name == 'Exposicao da cobertura':
                    lexpcob.append(prop.NominalValue.wrappedValue)

                if prop.Name == 'Absortancia':
                    IRoofA.append(prop.NominalValue.wrappedValue)
                if prop.Name == 'Transmitancia':
                    IRoofU.append(prop.NominalValue.wrappedValue)
                if prop.Name == 'Capacidade Termica':
                    IRoofCT.append(prop.NominalValue.wrappedValue)
```

```
bpy.ops.bim.disable_editing_attributes(obj=NName, obj_type="Object")
bpy.ops.bim.edit_attributes(obj=NName, obj_type="Object")
```

```
ISpaceAreaAPT02 = sum(ISpaceAreaAPT01)
```

```
IDoorN02.append(IDoorN01)
IDoorS02.append(IDoorS01)
IDoorL02.append(IDoorL01)
IDoorW02.append(IDoorW01)
```

```
IWindowVeneziana02.append(IWindowVeneziana)
```

```
laDesvio02.append(laDesvio01)
IWallAreaSoma = sum(IWallArea01)
IWallUSoma = sum(IWallU01)
IWallU02.append(IWallUSoma/IWallAreaSoma)
IWallCTSoma = sum(IWallCT01)
IWallCT02.append(IWallCTSoma/IWallAreaSoma)
```

```

IWallASoma = sum(IWallA01)
IWallA02.append(IWallASoma/IWallAreaSoma)
IWallDHSdSomaN = sum(IWallDHSd01N)

IWindowAreaSoma = sum(IWindowArea)

IWindowUSoma = sum(IWindowU01)
IWindowU02.append(IWindowUSoma/IWindowAreaSoma)

IWindowFSSoma = sum(IWindowFS)
IWindowFS02.append(round(IWindowFSSoma/IWindowAreaSoma,2))

if IWallDHSdSomaN == 0:
    IWallDHSd02N.append(sum(IWallDHSd01N))
else:
    IWallDHSd02N.append(sum(IWallDHSd01N)/len((IWallDHSd01N)))

IWallDHSeSomaN = sum(IWallDHSe01N)
if IWallDHSeSomaN == 0:
    IWallDHSe02N.append(sum(IWallDHSe01N))
else:
    IWallDHSe02N.append(sum(IWallDHSe01N)/len((IWallDHSe01N)))

IWallDVESomaN = sum(IWallDVE01N)
if IWallDVESomaN == 0:
    IWallDVE02N.append(sum(IWallDVE01N))
else:
    IWallDVE02N.append(sum(IWallDVE01N)/len((IWallDVE01N)))

IWallDVSfacSomaN = sum(IWallDVSfac01N)
if IWallDVSfacSomaN == 0:
    IWallDVSfac02N.append(sum(IWallDVSfac01N))
else:
    IWallDVSfac02N.append(sum(IWallDVSfac01N)/len((IWallDVSfac01N)))

IWallDHSdSomaS = sum(IWallDHSd01S)
if IWallDHSdSomaS == 0:
    IWallDHSd02S.append(sum(IWallDHSd01S))
else:
    IWallDHSd02S.append(sum(IWallDHSd01S)/len((IWallDHSd01S)))

IWallDHSeSomaS = sum(IWallDHSe01S)
if IWallDHSeSomaS == 0:
    IWallDHSe02S.append(sum(IWallDHSe01S))
else:
    IWallDHSe02S.append(sum(IWallDHSe01S)/len((IWallDHSe01S)))

IWallDVESomaS = sum(IWallDVE01S)
if IWallDVESomaS == 0:
    IWallDVE02S.append(sum(IWallDVE01S))
else:
    IWallDVE02S.append(sum(IWallDVE01S)/len((IWallDVE01S)))

```

```

IWallDVSfacSomaS = sum(IWallDVSfac01S)
if IWallDVSfacSomaS == 0:
    IWallDVSfac02S.append(sum(IWallDVSfac01S))
else:
    IWallDVSfac02S.append(sum(IWallDVSfac01S)/len((IWallDVSfac01S)))

IWallDHSdSomaL = sum(IWallDHSd01L)
if IWallDHSdSomaL == 0:
    IWallDHSd02L.append(sum(IWallDHSd01L))
else:
    IWallDHSd02L.append(sum(IWallDHSd01L)/len((IWallDHSd01L)))

IWallDHSeSomaL = sum(IWallDHSe01L)
if IWallDHSeSomaL == 0:
    IWallDHSe02L.append(sum(IWallDHSe01L))
else:
    IWallDHSe02L.append(sum(IWallDHSe01L)/len((IWallDHSe01L)))

IWallDVESomaL = sum(IWallDVE01L)
if IWallDVESomaL == 0:
    IWallDVE02L.append(sum(IWallDVE01L))
else:
    IWallDVE02L.append(sum(IWallDVE01L)/len((IWallDVE01L)))

IWallDVSfacSomaL = sum(IWallDVSfac01L)
if IWallDVSfacSomaL == 0:
    IWallDVSfac02L.append(sum(IWallDVSfac01L))
else:
    IWallDVSfac02L.append(sum(IWallDVSfac01L)/len((IWallDVSfac01L)))

IWallDHSdSomaW = sum(IWallDHSd01W)
if IWallDHSdSomaW == 0:
    IWallDHSd02W.append(sum(IWallDHSd01W))
else:
    IWallDHSd02W.append(sum(IWallDHSd01W)/len((IWallDHSd01W)))

IWallDHSeSomaW = sum(IWallDHSe01W)
if IWallDHSeSomaW == 0:
    IWallDHSe02W.append(sum(IWallDHSe01W))
else:
    IWallDHSe02W.append(sum(IWallDHSe01W)/len((IWallDHSe01W)))

IWallDVESomaW = sum(IWallDVE01W)
if IWallDVESomaW == 0:
    IWallDVE02W.append(sum(IWallDVE01W))
else:
    IWallDVE02W.append(sum(IWallDVE01W)/len((IWallDVE01W)))

IWallDVSfacSomaW = sum(IWallDVSfac01W)
if IWallDVSfacSomaW == 0:
    IWallDVSfac02W.append(sum(IWallDVSfac01W))
else:
    IWallDVSfac02W.append(sum(IWallDVSfac01W)/len((IWallDVSfac01W)))

```

```

IWallDimESomaN = sum(IWallDimE01N,2)
if IWallDimESomaN == 0:
    IWallDimE02N.append(sum(IWallDimE01N))
else:
    IWallDimE02N.append(sum(IWallDimE01N))

IWallDimISomaN = sum(IWallDimI01N)
if IWallDimISomaN == 0:
    IWallDimI02N.append(sum(IWallDimI01N))
else:
    IWallDimI02N.append(sum(IWallDimI01N))

IWallDimESomaS = sum(IWallDimE01S)
if IWallDimESomaS == 0:
    IWallDimE02S.append(sum(IWallDimE01S))
else:
    IWallDimE02S.append(sum(IWallDimE01S))

IWallDimISomaS = sum(IWallDimI01S)
if IWallDimISomaS == 0:
    IWallDimI02S.append(sum(IWallDimI01S))
else:
    IWallDimI02S.append(sum(IWallDimI01S))

IWallDimESomaL = sum(IWallDimE01L)
if IWallDimESomaL == 0:
    IWallDimE02L.append(sum(IWallDimE01L))
else:
    IWallDimE02L.append(sum(IWallDimE01L))

IWallDimISomaL = sum(IWallDimI01L)
if IWallDimISomaL == 0:
    IWallDimI02L.append(sum(IWallDimI01L))
else:
    IWallDimI02L.append(sum(IWallDimI01L))

IWindowAreaVentiladaSoma = sum(IWindowAreaVentilada01)
if IWindowAreaVentiladaSoma == 0:
    IWindowAreaVentilada02.append(sum(IWindowAreaVentilada01))
else:
    IWindowAreaVentilada02.append(sum(IWindowAreaVentilada01))

IWallDimESomaW = sum(IWallDimE01W)
if IWallDimESomaW == 0:
    IWallDimE02W.append(sum(IWallDimE01W))
else:
    IWallDimE02W.append(sum(IWallDimE01W))

IWallDimISomaW = sum(IWallDimI01W)
if IWallDimISomaW == 0:
    IWallDimI02W.append(sum(IWallDimI01W))
else:
    IWallDimI02W.append(sum(IWallDimI01W))

IWindowAreaTNSoma = sum(IWindowAreaTN01)
if IWindowAreaTNSoma == 0:
    IWindowAreaTN02.append(sum(IWindowAreaTN01))

```

```

else:
    IWindowAreaTN02.append(sum(IWindowAreaTN01))

IWindowAreaTSSoma = sum(IWindowAreaTS01)
if IWindowAreaTSSoma == 0:
    IWindowAreaTS02.append(sum(IWindowAreaTS01))
else:
    IWindowAreaTS02.append(sum(IWindowAreaTS01))

IWindowAreaTLSoma = sum(IWindowAreaTL01)
if IWindowAreaTLSoma == 0:
    IWindowAreaTL02.append(sum(IWindowAreaTL01))
else:
    IWindowAreaTL02.append(sum(IWindowAreaTL01))

IWindowAreaTWSoma = sum(IWindowAreaTW01)
if IWindowAreaTWSoma == 0:
    IWindowAreaTW02.append(sum(IWindowAreaTW01))
else:
    IWindowAreaTW02.append(sum(IWindowAreaTW01))

IWindowAreaSoma = sum(IWindowArea01)
if IWindowAreaSoma == 0:
    IWindowArea02.append(sum(IWindowArea01))
else:
    IWindowArea02.append(sum(IWindowArea01))

IDimHDormitorioSoma = sum(IDimHDormitorio01)
if IDimHDormitorioSoma == 0:
    IDimHDormitorio02.append(sum(IDimHDormitorio01))
else:
    IDimHDormitorio02.append(sum(IDimHDormitorio01))

IDimHAPTSoma = sum(IDimHAPT01)
if IDimHAPTSoma == 0:
    IDimHAPT02.append(sum(IDimHAPT01))
else:
    IDimHAPT02.append(sum(IDimHAPT01))

IDimHSalaSoma = sum(IDimHSala01)
if IDimHSalaSoma == 0:
    IDimHSala02.append(sum(IDimHSala01))
else:
    IDimHSala02.append(sum(IDimHSala01))

Napp = len(listCollectionAPP)
props.Num_app = Napp

# Declaração Integração com a Planilha
book=load_workbook(props.caminho)
sheet = book.active

# Cédula C1 - Nome da UH
celulac1v = sheet.cell(row=1, column=3, value = "")

```

```

celulac1 = sheet.cell(row=1, column=3, value =props.NomeUH)

# Cédula C2 - Tipologia da UH
celulac2v = sheet.cell(row=2, column=3, value = "")
celulac2 = sheet.cell(row=2, column=3, value =props.Tipologia)

# Cédula C3 - Cidade

if props.Cidade == "Personalizado" :
    celulac3v = sheet.cell(row=3, column=3, value = "")
    celulac3 = sheet.cell(row=3, column=3, value =props.CidadeP)
else:
    celulac3v = sheet.cell(row=3, column=3, value = "")
    celulac3 = sheet.cell(row=3, column=3, value =props.Cidade)

# Cédula C4 - Área do APT
celulac4v = sheet.cell(row=4, column=3, value = "")
celulac4 = sheet.cell(row=4, column=3, value =ISpaceAreaAPT02)

# Cédula C9 - Uso do Ambiente
    #Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c9v in lvazio:
    celulac9v = sheet.cell(row=9, column=j, value = "")
    j=j+1
    #Preencher Cédulas:
i= 3
for c9 in ISpaceUso:
    celulac9 = sheet.cell(row=9, column=i, value =c9)
    i=i+1

# Cédula C10 - Coeficiente de eficiência energetica de sistemas de AC para refrigeração
(CEEr)
    #Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c10v in lvazio:
    celulac10v = sheet.cell(row=10, column=j, value = "")
    j=j+1
    #Preencher Cédulas:
i= 3
for c10 in ISpaceCEEr:
    c10f = round(c10,2)
    celulac10 = sheet.cell(row=10, column=i, value =c10f)
    i=i+1

# Cédula C11 - Coeficiente de eficiência energetica de sistemas de AC para aquecimento
(CEEa)
    #Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c11v in lvazio:
    celulac11v = sheet.cell(row=11, column=j, value = "")
    j=j+1
    #Preencher Cédulas:
i= 3
for c11 in ISpaceCEEa:

```

```

c11f = round(c11,2)
celulac11 = sheet.cell(row=11, column=i, value =c11f)
i=i+1

# Cédula C12 - Condição de exposição do piso
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c12v in lvazio:
    celulac12v = sheet.cell(row=12, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c12 in lexppiso:
    celulac12 = sheet.cell(row=12, column=i, value =c12)
    i=i+1

# Cédula C13 - Condição de exposição da cobertura
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c13v in lvazio:
    celulac13v = sheet.cell(row=13, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c13 in lexpcob:
    celulac13 = sheet.cell(row=13, column=i, value =c13)
    i=i+1

# Cédula C14 - Área dos Ambientes de APP
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c14v in lvazio:
    celulac14v = sheet.cell(row=14, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c14 in lSpaceArea:
    c14f = round(c14,2)
    celulac14 = sheet.cell(row=14, column=i, value =c14f)
    i=i+1

# Cédula C15 - Pé Direito
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c15v in lvazio:
    celulac15v = sheet.cell(row=15, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c15 in lSpacePeDireito:
    c15f = round(c15,2)
    celulac15 = sheet.cell(row=15, column=i, value =c15f)
    i=i+1

# Cédula C16 - Possui Veneziana

```

```

#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c16v in lvazio:
    celulac16v = sheet.cell(row=16, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c16 in lWindowVeneziana02:
    celulac16 = sheet.cell(row=16, column=i, value =c16)
    i=i+1

```

Cédula C17 - Ângulo de desvio do Norte Verdadeiro

```

#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c17v in lvazio:
    celulac17v = sheet.cell(row=17, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c17 in laDesvio02:
    c17f = round(c17,2)
    celulac17 = sheet.cell(row=17, column=i, value =c17f)
    i=i+1

```

Cédula C18 - Area efetiva de ventilação (m2)

```

#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c18v in lvazio:
    celulac18v = sheet.cell(row=18, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c18 in lWindowAreaVentilada02:
    c18f = round(c18,2)
    celulac18 = sheet.cell(row=18, column=i, value =c18f)
    i=i+1

```

Cédula C19 - Transmittância Térmica do Elemento transparente

```

#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c19v in lvazio:
    celulac19v = sheet.cell(row=19, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c19 in lWindowU02:
    c19f = round(c19,2)
    celulac19 = sheet.cell(row=19, column=i, value =c19f)
    i=i+1

```

Cédula C20 - Fator Solar do elemento transparente

```

#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)

```

```

for c20v in lvazio:
    celulac20v = sheet.cell(row=20, column=j, value = "")
    j=j+1
    #Preencher Cédulas:
i= 3
for c20 in lWindowFS02:
    celulac20 = sheet.cell(row=20, column=i, value =c20)
    i=i+1

# Cédula C21 - Transmitancia térmica do piso
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c21v in lvazio:
    celulac21v = sheet.cell(row=21, column=j, value = "")
    j=j+1
    #Preencher Cédulas:
i= 3
for c21 in lSlabU:
    c21f = round(c21,2)
    celulac21 = sheet.cell(row=21, column=i, value =c21f)
    i=i+1

# Cédula C22 - Capacidade Térmica do piso
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c22v in lvazio:
    celulac22v = sheet.cell(row=22, column=j, value = "")
    j=j+1
    #Preencher Cédulas:
i= 3
for c22 in lSlabCT:
    c22f = round(c22,2)
    celulac22 = sheet.cell(row=22, column=i, value =c22f)
    i=i+1

# Cédula C23 - Absortância da parede externa
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c23v in lvazio:
    celulac23v = sheet.cell(row=23, column=j, value = "")
    j=j+1
    #Preencher Cédulas:
i= 3
for c23 in lWallA02:
    c23f = round(c23,2)
    celulac23 = sheet.cell(row=23, column=i, value =c23f)
    i=i+1

# Cédula C24 - Transmitancia térmica das paredes externas
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c24v in lvazio:
    celulac24v = sheet.cell(row=24, column=j, value = "")
    j=j+1
    #Preencher Cédulas:

```

```

i= 3
for c24 in lWallU02:
    c24f = round(c24,2)
    celulac24 = sheet.cell(row=24, column=i, value =c24f)
    i=i+1

# Cédula C25 - Capacidade termica das paredes externas
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c25v in lvazio:
    celulac25v = sheet.cell(row=25, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c25 in lWallCT02:
    c25f = round(c25,2)
    celulac25 = sheet.cell(row=25, column=i, value =c25f)
    i=i+1

# Cédula C26 - Absortancia da cobertura
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c26v in lvazio:
    celulac26v = sheet.cell(row=26, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c26 in lRoofA:
    c26f = round(c26,2)
    celulac26 = sheet.cell(row=26, column=i, value =c26f)
    i=i+1

# Cédula C27 - Transmitancia termica da cobertura
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c27v in lvazio:
    celulac27v = sheet.cell(row=27, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c27 in lRoofU:
    c27f = round(c27,2)
    celulac27 = sheet.cell(row=27, column=i, value =c27f)
    i=i+1

# Cédula C28 - Capacidade Térmica da cobertura
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c28v in lvazio:
    celulac28v = sheet.cell(row=28, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c28 in lRoofCT:
    c28f = round(c28,2)

```

```

celulac28 = sheet.cell(row=28, column=i, value =c28f)
i=i+1

# Cédula C29 - Dimensão Horizontal de paredes em contato com APT
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c29v in lvazio:
    celulac29v = sheet.cell(row=29, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c29 in IDimHAPT02:
    c29f = round(c29,2)
    celulac29 = sheet.cell(row=29, column=i, value =c29f)
    i=i+1

# Cédula C30 - Dimensão Horizontal de paredes em contato com Dormitório
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c30v in lvazio:
    celulac30v = sheet.cell(row=30, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c30 in IDimHDormitorio02:
    c30f = round(c30,2)
    celulac30 = sheet.cell(row=30, column=i, value =c30f)
    i=i+1

# Cédula C31 - Dimensão Horizontal de paredes em contato com Sala
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c31v in lvazio:
    celulac31v = sheet.cell(row=31, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c31 in IDimHSala02:
    c31f = round(c31,2)
    celulac31 = sheet.cell(row=31, column=i, value =c31f)
    i=i+1

# Cédula C32 - DHSd Norte
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c32v in lvazio:
    celulac32v = sheet.cell(row=32, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c32 in lWalldHSD02N:
    c32f = round(c32,2)
    celulac32 = sheet.cell(row=32, column=i, value =c32f)
    i=i+1

```

```

# Cédula C33 - DHSe Norte
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c33v in lvazio:
    celulac33v = sheet.cell(row=33, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c33 in lWallDHSe02N:
    c33f = round(c33,2)
    celulac33 = sheet.cell(row=33, column=i, value =c33f)
    i=i+1

# Cédula C34 - DVSfac Norte
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c34v in lvazio:
    celulac34v = sheet.cell(row=34, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c34 in lWallDVSfac02N:
    c34f = round(c34,2)
    celulac34 = sheet.cell(row=34, column=i, value =c34f)
    i=i+1

# Cédula C35 - DVE Norte
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c35v in lvazio:
    celulac35v = sheet.cell(row=35, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c35 in lWallDVE02N:
    c35f = round(c35,2)
    celulac35 = sheet.cell(row=35, column=i, value =c35f)
    i=i+1

# Cédula C36 - Dimensão Horizontal Parede Externa Norte
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c36v in lvazio:
    celulac36v = sheet.cell(row=36, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c36 in lWallDimE02N:
    c36f = round(c36,2)
    celulac36 = sheet.cell(row=36, column=i, value =c36f)
    i=i+1

# Cédula C37 - Dimensão Horizontal Parede Interna Norte
#Limpar Cédulas:

```

```

j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c37v in lvazio:
    celulac37v = sheet.cell(row=37, column=j, value = "")
    j=j+1
    #Preencher Cédulas:
i= 3
for c37 in lWallDiml02N:
    c37f = round(c37,2)
    celulac37 = sheet.cell(row=37, column=i, value =c37f)
    i=i+1

# Cédula C38 - Area de superficie dos elementos transparentes Norte
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c38v in lvazio:
    celulac38v = sheet.cell(row=38, column=j, value = "")
    j=j+1
    #Preencher Cédulas:
i= 3
for c38 in lWindowAreaTN02:
    c38f = round(c38,2)
    celulac38 = sheet.cell(row=38, column=i, value =c38f)
    i=i+1

# Cédula C39 - DHSd Sul
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c39v in lvazio:
    celulac39v = sheet.cell(row=39, column=j, value = "")
    j=j+1
    #Preencher Cédulas:
i= 3
for c39 in lWallDHSd02S:
    c39f = round(c39,2)
    celulac39 = sheet.cell(row=39, column=i, value =c39f)
    i=i+1

# Cédula C40 - DHSe Sul
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c40v in lvazio:
    celulac40v = sheet.cell(row=40, column=j, value = "")
    j=j+1
    #Preencher Cédulas:
i= 3
for c40 in lWallDHSe02S:
    c40f = round(c40,2)
    celulac40 = sheet.cell(row=40, column=i, value =c40f)
    i=i+1

# Cédula C41 - DVSfac Sul
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c41v in lvazio:
    celulac41v = sheet.cell(row=41, column=j, value = "")

```

```

j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c41 in lWallDVSfac02S:
    c41f = round(c41,2)
    celulac41 = sheet.cell(row=41, column=i, value =c41f)
    i=i+1

# Cédula C42 - DVE Sul
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c42v in lvazio:
    celulac42v = sheet.cell(row=42, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c42 in lWallDVE02S:
    c42f = round(c42,2)
    celulac42 = sheet.cell(row=42, column=i, value =c42f)
    i=i+1

# Cédula C43 - Dimensão Horizontal Parede Externa Sul
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c43v in lvazio:
    celulac43v = sheet.cell(row=43, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c43 in lWallDimE02S:
    c43f = round(c43,2)
    celulac43 = sheet.cell(row=43, column=i, value =c43f)
    i=i+1

# Cédula C44 - Dimensão Horizontal Parede Interna Sul

#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c44v in lvazio:
    celulac44v = sheet.cell(row=44, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c44 in lWallDimI02S:
    c44f = round(c44,2)
    celulac44 = sheet.cell(row=44, column=i, value =c44f)
    i=i+1

# Cédula C45 - Area de Superfície de Elemento transparente Sul

#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c45v in lvazio:
    celulac45v = sheet.cell(row=45, column=j, value = "")
    j=j+1

```

```

#Preencher Cédulas:
i= 3
for c45 in IWindowAreaTS02:
    c45f = round(c45,2)
    celulac45 = sheet.cell(row=45, column=i, value =c45f)
    i=i+1

# Cédula C46 - DHSd Leste
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c46v in lvazio:
    celulac46v = sheet.cell(row=46, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c46 in IWallDHSd02L:
    c46f = round(c46,2)
    celulac46 = sheet.cell(row=46, column=i, value =c46f)
    i=i+1

# Cédula C47 - DHSe Leste
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c47v in lvazio:
    celulac47v = sheet.cell(row=47, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c47 in IWallDHSe02L:
    c47f = round(c47,2)
    celulac47 = sheet.cell(row=47, column=i, value =c47f)
    i=i+1

# Cédula C48 - DVSfac Leste
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c48v in lvazio:
    celulac48v = sheet.cell(row=48, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c48 in IWallDVSfac02L:
    c48f = round(c48,2)
    celulac48 = sheet.cell(row=48, column=i, value =c48f)
    i=i+1

# Cédula C49 - DVE Leste
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c49v in lvazio:
    celulac49v = sheet.cell(row=49, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c49 in IWallDVE02L:

```

```

c49f = round(c49,2)
celulac49 = sheet.cell(row=49, column=i, value =c49f)
i=i+1

```

```

# Cédula C50 - Dimensão Horizontal Parede Externa Leste
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c50v in lvazio:
    celulac50v = sheet.cell(row=50, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c50 in lWallDimE02L:
    c50f = round(c50,2)
    celulac50 = sheet.cell(row=50, column=i, value =c50f)
    i=i+1

```

```

# Cédula C51 - Dimensão Horizontal Parede Interna Leste

#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c51v in lvazio:
    celulac51v = sheet.cell(row=51, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c51 in lWallDimI02L:
    c51f = round(c51,2)
    celulac51 = sheet.cell(row=51, column=i, value =c51f)
    i=i+1

```

```

# Cédula C52 - Area de Superficie de Elemento transparente Leste

#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c52v in lvazio:
    celulac52v = sheet.cell(row=52, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c52 in lWindowAreaTL02:
    c52f = round(c52,2)
    celulac52 = sheet.cell(row=52, column=i, value =c52f)
    i=i+1

```

```

# Cédula C53 - DHSd Oeste
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c53v in lvazio:
    celulac53v = sheet.cell(row=53, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3

```

```

for c53 in lWallDHSd02W:
    c53f = round(c53,2)
    celulac53 = sheet.cell(row=53, column=i, value =c53f)
    i=i+1

# Cédula C54 - DHSe Oeste
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c54v in lvazio:
    celulac54v = sheet.cell(row=54, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c54 in lWallDHSe02W:
    c54f = round(c54,2)
    celulac54 = sheet.cell(row=54, column=i, value =c54f)
    i=i+1

# Cédula C55 - DVSfac Oeste
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c55v in lvazio:
    celulac55v = sheet.cell(row=55, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c55 in lWallDVSfac02W:
    c55f = round(c55,2)
    celulac55 = sheet.cell(row=55, column=i, value =c55f)
    i=i+1

# Cédula C56 - DVE Oeste
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c56v in lvazio:
    celulac56v = sheet.cell(row=56, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c56 in lWallDVE02W:
    c56f = round(c56,2)
    celulac56 = sheet.cell(row=56, column=i, value =c56f)
    i=i+1

# Cédula C57 - Dimensão Horizontal Parede Externa Oeste
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c57v in lvazio:
    celulac57v = sheet.cell(row=57, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c57 in lWallDimE02W:
    c57f = round(c57,2)
    celulac57 = sheet.cell(row=57, column=i, value =c57f)

```

i=i+1

Cédula C58 - Dimensão Horizontal Parede Interna Oeste

```
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c58v in lvazio:
    celulac58v = sheet.cell(row=58, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c58 in lWallDimI02W:
    c58f = round(c58,2)
    celulac58 = sheet.cell(row=58, column=i, value =c58f)
    i=i+1
```

Cédula C59 - Area de Superficie de Elemento Transparente Oeste

```
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c59v in lvazio:
    celulac59v = sheet.cell(row=59, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c59 in lWindowAreaTW02:
    c59f = round(c59,2)
    celulac59 = sheet.cell(row=59, column=i, value =c59f)
    i=i+1
```

Cédula C60 - Porta Interna: Norte

```
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c60v in lvazio:
    celulac60v = sheet.cell(row=60, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c60 in lDoorN02:
    celulac60 = sheet.cell(row=60, column=i, value =c60)
    i=i+1
```

Cédula C61 - Porta Interna: Sul

```
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c61v in lvazio:
    celulac61v = sheet.cell(row=61, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c61 in lDoorS02:
    celulac61 = sheet.cell(row=61, column=i, value =c61)
    i=i+1
```

```

# Cédula C62 - Porta Interna: Leste
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c62v in lvazio:
    celulac62v = sheet.cell(row=62, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c62 in IDoorL02:
    celulac62 = sheet.cell(row=62, column=i, value =c62)
    i=i+1

```

```

# Cédula C63 - Porta Interna: Oeste
#Limpar Cédulas:
j= 3
lvazio = (0,0,0,0,0,0,0,0,0)
for c63v in lvazio:
    celulac63v = sheet.cell(row=63, column=j, value = "")
    j=j+1
#Preencher Cédulas:
i= 3
for c63 in IDoorW02:
    celulac63 = sheet.cell(row=63, column=i, value =c63)
    i=i+1

```

```
book.save(props.caminho)
```

Declaração das variaveis globais

```

class MyProperties(bpy.types.PropertyGroup):
    ifc_file = IfcStore.get_file()

```

```

    Num_app      : bpy.props.FloatProperty(name='Numero de APPs', min=0, max=100, default=0.0,
precision=0)
    Real_CgTR     : bpy.props.FloatProperty(name='CgTR', min=0, max=10000, default=0.0,
precision=0)
    Real_CgTA     : bpy.props.FloatProperty(name='CgTA', min=0, max=10000, default=0.0,
precision=0)
    Real_PHFT     : bpy.props.FloatProperty(name='PHFT ', min=0, max=100, default=0.0,
precision=0)
    Real_PHSFT    : bpy.props.FloatProperty(name='PHsFT', min=0, max=100, default=0.0,
precision=0)
    Real_PHiFT    : bpy.props.FloatProperty(name='PHiFT', min=0, max=100, default=0.0,
precision=0)
    Real_Tomin    : bpy.props.FloatProperty(name='Tomin', min=0, max=100, default=0.0,
precision=0)
    Real_Tomax    : bpy.props.FloatProperty(name='Tomax', min=0, max=100, default=0.0,
precision=0)
    NomeUH       : bpy.props.StringProperty(name='Nome da UH',default='UH')
    pset         : bpy.props.StringProperty(name='Property Set',default='METAMODELO - INI-R')
    caminho      : bpy.props.StringProperty(name='',default='')
    direcaos     : bpy.props.StringProperty(name='Direção   ',default='dfdf')
    UsoS         : bpy.props.EnumProperty(
        name='Uso   ',
        description = "Uso do Ambiente",
        items = [('Dormitório', "Dormitório", ""),
        ('Sala', "Sala", "")],

```

```

        ('APT', "APT", ""),
    ]
)
Tipologia      : bpy.props.EnumProperty(
    name='Tipologia      ',
    description = "Tipologia da Edificação",
    items = [('Unifamiliar', "Unifamiliar", ""),
              ('Multifamiliar', "Multifamiliar", ""),
    ]
)
CidadeP        : bpy.props.StringProperty(name='Cidade',default="")
Cidade         : bpy.props.EnumProperty(
    name='Cidade da UH      ',
    description = "Cidade da UH",
    items = [('Personalizado', "Personalizado", ""),
              ('Aracaju - SE', "Aracaju - SE", ""),
              ('Belem - PA', "Belem - PA", ""),
              ('Belo Horizonte - MG', "Belo Horizonte - MG", ""),
              ('Brasilia - DF', "Brasilia - DF", ""),
              ('Campo Grande Intl - MS', "Campo Grande Intl - MS", ""),
              ('Curitiba - PR', "Curitiba - PR", ""),
              ('Florianopolis - SC', "Florianopolis - SC", ""),
              ('Fortaleza - CE', "Fortaleza - CE", ""),
              ('Goiania - GO', "Goiania - GO", ""),
              ('Joao Pessoa - PB', "Joao Pessoa - PB", ""),
              ('Macapa - AP', "Macapa - AP", ""),
              ('Maceio - AL', "Maceio - AL", ""),
              ('Manaus - AM', "Manaus - AM", ""),
              ('Natal - RN', "Natal - RN", ""),
              ('Palmas - TO', "Palmas - TO", ""),
              ('Porto Alegre - RS', "Porto Alegre - RS", ""),
              ('Porto Velho - RO', "Porto Velho - RO", ""),
              ('Recife - PE', "Recife - PE", ""),
              ('Rio Branco - AC', "Rio Branco - AC", ""),
              ('Rio de Janeiro - RJ', "Rio de Janeiro - RJ", ""),
              ('Salvador - BA', "Salvador - BA", ""),
              ('Sao Luis - MA', "Sao Luis - MA", ""),
              ('Sao Paulo - SP', "Sao Paulo - SP", ""),
              ('Teresina - PI', "Teresina - PI", ""),
              ('Vitoria - ES', "Vitoria - ES", ""),
    ]
)

UsoWall        : bpy.props.EnumProperty(
    name='Uso      ',
    description = "oi",
    items = [('Dormitório', "Dormitório", ""),
              ('Sala', "Sala", ""),
              ('APT', "APT", ""),
              ('Externo', "Externo", ""),
    ]
)

direcao        : bpy.props.EnumProperty(
    name='Direção      ',
    description = "Direção do elemento",
    items = [('Norte', "Norte", ""),
              ('Sul', "Sul", ""),
              ('Leste', "Leste", ""),

```

```

        ('Oeste', "Oeste", ""),
    ]
)

direcaoDoor : bpy.props.EnumProperty(
    name='Direção ',
    description = "Direção do elemento",
    items = [('Norte APP', "Norte APP", ""),
              ('Sul APP', "Sul APP", ""),
              ('Leste APP', "Leste APP", ""),
              ('Oeste APP', "Oeste APP", ""),
              ('APT', "APT", "")],
    ]
)

exposicaoopiso : bpy.props.EnumProperty(
    name='Condição de exposição de piso ',
    description = "Exposição do piso",
    items = [('Contato com o solo', "Contato com o solo", ""),
              ('Entre Pavimentos', "Entre Pavimentos", "")],
    ]
)

exposicaocobertura : bpy.props.EnumProperty(
    name='Condição de exposição da cobertura ',
    description = "Exposição do piso",
    items = [('Exposto ao sol e ao vento', "Exposto ao sol e ao vento", ""),
              ('Entre Pavimentos', "Entre Pavimentos", "")],
    ]
)

CEEr : bpy.props.FloatProperty(name='CEEr', min=0, max=100, default=0.0, precision=0)
CEEa : bpy.props.FloatProperty(name='CEEa', min=0, max=100, default=0.0, precision=0)
ADesvioN : bpy.props.FloatProperty(name='Ângulo de Desvio', min=0, max=100, default=0.0,
precision=0)
AreaS : bpy.props.FloatProperty(name='Área', min=0, max=100, default=0.0, precision=2)
PeDireitoS : bpy.props.FloatProperty(name='Pé Direito', min=2.38, max=7.50,
step=0.10, default=0.0, precision=2)
APPS : bpy.props.BoolProperty(name='Área de Permanência Permanente (APP) ',
default=False)
AnguloS : bpy.props.FloatProperty(name='Ângulo de desvio ao norte verdadeiro', min=0,
max=100, default=0.0, precision=2)
areaaj : bpy.props.FloatProperty(name='Área do elemento:', min=0, max=100, default=0.0,
precision=0)
percvj : bpy.props.FloatProperty(name='Percentual de ventilação:', min=0, max=100,
default=0.0, precision=0)
perctj : bpy.props.FloatProperty(name='Percentual de transparencia:', min=0, max=100,
default=0.0, precision=0)
transpj : bpy.props.FloatProperty(name='U (W/m²·K) :', min=0, max=5, default=0.0,
precision=0)
venezianaj : bpy.props.BoolProperty(name='Veneziana ', default=False)
jan_u : bpy.props.FloatProperty(name='Transmitância', min=0, max=100, step=0, default=0.00,
precision=0)
jan_FS : bpy.props.FloatProperty(name='Fator Solar', min=0.2, max=0.87, step=0, default=0.00,
precision=0)
cob_u : bpy.props.FloatProperty(name='Transmitância', min=0, max=10, step=0, default=0.00,
precision=0)
cob_a : bpy.props.FloatProperty(name='Absortância', min=0, max=100, step=10, default=0.0,
precision=0)

```

```

cob_ct : bpy.props.FloatProperty(name='Capacidade Térmica', min=0, max=400, step=0,
default=0.00, precision=0)
piso_u : bpy.props.FloatProperty(name='Transmitância', min=0, max=100, step=0, default=0.00,
precision=0)
piso_ct : bpy.props.FloatProperty(name='Capacidade Térmica', min=0, max=400, step=0,
default=0.00, precision=0)
par_esp : bpy.props.FloatProperty(name='Dimensao Interna', min=0, max=110, step=0,
default=0.00, precision=0)
par_dim : bpy.props.FloatProperty(name='Dimensao Interna', min=0, max=110, step=0,
default=0.00, precision=0)
par_u : bpy.props.FloatProperty(name='Transmitância', min=0, max=100, step=0, default=0.00,
precision=0)
par_a : bpy.props.FloatProperty(name='Absortância', min=0.20, max=0.90, step=10, default=0.0,
precision=0)
par_ct : bpy.props.FloatProperty(name='Capacidade Térmica', min=0, max=500, step=10,
default=0.0, precision=0)
par_dhsd : bpy.props.FloatProperty(name='AHSd [°]:', min=0, max=100, step=10, default=0.0,
precision=0)
par_dhse : bpy.props.FloatProperty(name='AHSe [°]:', min=0, max=100, step=10, default=0.0,
precision=0)
par_dvsfac : bpy.props.FloatProperty(name='AVSfac [°]:', min=0, max=100, step=10, default=0.0,
precision=0)
par_dve : bpy.props.FloatProperty(name='AVE [°]:', min=0, max=100, step=10, default=0.0,
precision=0)

cob_tipo : bpy.props.EnumProperty(
    name='Tipo de Cobertura',
    description = "Tipo de Cobertura",
    items = [
        ("Personalizado", "Personalizado", ""),
        ("Laje maciça (10cm) sem telhamento", "Laje maciça (10cm) sem telhamento", ""),
        ("Laje pre-moldada 12 cm (concreto 4 cm+lajota cerâmica 7cm+ argamassa 1cm) sem telhamento", "Laje pre-moldada 12 cm (concreto 4 cm+lajota cerâmica 7cm+ argamassa 1cm) sem telhamento", ""),
        ("Laje pré-moldada 12 cm (concreto 4 cm+ EPS 7cm+ argamassa 1cm)", "Laje pré-moldada 12 cm (concreto 4 cm+ EPS 7cm+ argamassa 1cm)", ""),
        ("Laje maciça 10 cm + Câmara de ar >5cm + Telha cerâmica", "Laje maciça 10 cm + Câmara de ar >5cm + Telha cerâmica", ""),
        ("Laje pré-moldada 12 cm (concreto 4cm+ lajota cerâmica 7cm+ argamassa 1cm)+ Câmara de ar >5cm+ Telha cerâmica", "Laje pré-moldada 12 cm (concreto 4cm+ lajota cerâmica 7cm+ argamassa 1cm)+ Câmara de ar >5cm+ Telha cerâmica", ""),
        ("Forro de gesso 3 cm + Câmara de ar >5 cm+ Telha cerâmica 1 cm", "Forro de gesso 3 cm + Câmara de ar >5 cm+ Telha cerâmica 1 cm", ""),
        ("Laje maciça 10 cm + Câmara de ar > 5cm + Telha fibrocimento", "Laje maciça 10 cm + Câmara de ar > 5cm + Telha fibrocimento", ""),
        ("Laje pré-moldada 12 cm (concreto 4cm+ lajota cerâmica 7cm +argamassa 1 cm)+Câmara de ar >5cm+ Telha fibrocimento 0,8cm", "Laje pré-moldada 12 cm (concreto 4cm+ lajota cerâmica 7cm +argamassa 1 cm)+Câmara de ar >5cm+ Telha fibrocimento 0,8cm", ""),
        ("Forro gesso 3 cm+ Câmara de ar >5cm +Telha fibrocimento", "Forro gesso 3 cm+ Câmara de ar >5cm +Telha fibrocimento", ""),
        ("Laje pre-moldada 12 cm(concreto 4cm+ EPS 7cm + argamassa 1cm) + Câmara de ar >5cm + Telha cerâmica", "Laje pre-moldada 12 cm(concreto 4cm+ EPS 7cm + argamassa 1cm) + Câmara de ar >5cm + Telha cerâmica", ""),
        ("Laje pré-moldada 12 cm (concreto 4 cm+ EPS 7cm + argamassa 1cm) + Câmara de ar >5cm+ + Telha fibrocimento", "Laje pré-moldada 12 cm (concreto 4 cm+ EPS 7cm + argamassa 1cm) + Câmara de ar >5cm+ + Telha fibrocimento", ""),
        ("Laje pré-moldada 12 cm (concreto 4 cm + EPS 7 cm + argamassa 1 cm) + Câmara de ar >5cm + Telha fibrocimento", "Laje pré-moldada 12 cm (concreto 4 cm + EPS 7 cm + argamassa 1 cm) + Câmara de ar >5cm + Telha fibrocimento", "")
    ]
)

```

("Laje pré-moldada 12 cm (concreto 4 cm + EPS 7 cm + argamassa 1 cm) + Câmara de ar >5cm + Telha metálica 0,06cm", "Laje pré-moldada 12 cm (concreto 4 cm + EPS 7 cm + argamassa 1 cm) + Câmara de ar >5cm + Telha metálica 0,06cm", ""),

("Laje pré-moldada 12 cm (concreto 4 cm + lajota cerâmica 7cm + argamassa 1 cm)+ Câmara de ar > 5cm + Telha metálica 0,06cm", "Laje pré-moldada 12 cm (concreto 4 cm + lajota cerâmica 7cm + argamassa 1 cm)+ Câmara de ar > 5cm + Telha metálica 0,06cm", ""),

("Telha maciça 10 cm + Câmara de ar > 5cm + Telha metálica 0,1cm + Poliuretano 4 cm + Telha metálica 0,1cm", "Telha maciça 10 cm + Câmara de ar > 5cm + Telha metálica 0,1cm + Poliuretano 4 cm + Telha metálica 0,1cm", ""),

("Laje pré-moldada 12 cm (concreto 4 cm + EPS 7cm + argamassa 1cm)+ Câmara de ar > 5 cm + Telha metálica 0,1cm + Poliuretano 4 cm + Telha metálica 0,1cm", "Laje pré-moldada 12 cm (concreto 4 cm + EPS 7cm + argamassa 1cm)+ Câmara de ar > 5 cm + Telha metálica 0,1cm + Poliuretano 4 cm + Telha metálica 0,1cm", ""),

("Laje maciça 10 cm + Câmara de ar > 5 cm + Telha metálica 0,1 cm + Poliestireno (isopor) 4 cm + Telha metálica 0,1cm", "Laje maciça 10 cm + Câmara de ar > 5 cm + Telha metálica 0,1 cm + Poliestireno (isopor) 4 cm + Telha metálica 0,1cm", ""),

("Laje pré-moldada 12 cm (concreto 4 cm + EPS 7cm + argamassa 1 cm)+ Câmara de ar > 5cm + Telha metálica 0,1 cm+ Poliestireno 4 cm + Telha metálica 0,1 cm", "Laje pré-moldada 12 cm (concreto 4 cm + EPS 7cm + argamassa 1 cm)+ Câmara de ar > 5cm + Telha metálica 0,1 cm+ Poliestireno 4 cm + Telha metálica 0,1 cm", ""),

]
)

```
par_tipo : bpy.props.EnumProperty(
    name='Tipo de Parede',
    description = "Exposição do piso",
    items = [(("Personalizado", "Personalizado", ""),
        ("Argamassa interna (2,5cm) + Bloco de concreto (9,0 x 19,0 x 39,0cm)+Argamassa externa (2,5cm)+Pintura externa", "Argamassa interna (2,5cm)+Bloco de concreto (9,0 x 19,0 x 39,0cm)+Argamassa externa (2,5cm)+Pintura externa", ""),
        ("Gesso interno (2,0cm) + Bloco de concreto (9,0 x 19,0 x 39,0cm)+Argamassa externa (2,5cm)+Pintura externa", "Gesso interno (2,0cm) + Bloco de concreto (9,0 x 19,0 x 39,0cm)+Argamassa externa (2,5cm)+Pintura externa", ""),
        ("Argamassa interna (2,5cm) + Bloco de concreto (14,0 x 19,0 x 39,0cm)+Argamassa externa (2,5cm)+Pintura externa", "Argamassa interna (2,5cm) + Bloco de concreto (14,0 x 19,0 x 39,0cm)+Argamassa externa (2,5cm)+Pintura externa", ""),
        ("Gesso interno (2,0cm) + Bloco de concreto (14,0 x 19,0 x 39,0cm)+Argamassa externa (2,5cm)+Pintura externa", "Gesso interno (2,0cm) + Bloco de concreto (14,0 x 19,0 x 39,0cm)+Argamassa externa (2,5cm)+Pintura externa", ""),
        ("Sem revestimento interno + concreto maciço (10,0 cm) + Sem revestimento externo", "Sem revestimento interno + concreto maciço (10,0 cm) + Sem revestimento externo", ""),
        ("Argamassa interna (2,5cm)+Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x 24,0cm)+Argamassa externa (2,5cm)+Pintura externa", "Argamassa interna (2,5cm)+Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x 24,0cm)+Argamassa externa (2,5cm)+Pintura externa", ""),
        ("Gesso interno (0,2cm)+Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x 24,0cm)+Argamassa externa (2,5cm)+Pintura externa", "Gesso interno (0,2cm)+Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x 24,0cm)+Argamassa externa (2,5cm)+Pintura externa", ""),
        ("Sem revestimento interno +Bloco cerâmico (9,0 x 9,0 x 24,0cm)+Sem revestimento externo", "Sem revestimento interno +Bloco cerâmico (9,0 x 9,0 x 24,0cm)+Sem revestimento externo", ""),
        ("Argamassa interna (2,5cm)+Bloco cerâmico (14,0 x 19,0 x 29,0cm)+Argamassa externa (2,5cm)+Pintura externa", "Argamassa interna (2,5cm)+Bloco cerâmico (14,0 x 19,0 x 29,0cm)+Argamassa externa (2,5cm)+Pintura externa", ""),
        ("Gesso interno (0,2cm)+Bloco cerâmico (14,0 x 19,0 x 29,0cm)+Argamassa externa (2,5cm)+Pintura externa", "Gesso interno (0,2cm)+Bloco cerâmico (14,0 x 19,0 x 29,0cm)+Argamassa externa (2,5cm)+Pintura externa", ""),
        ("Sem revestimento interno +Bloco cerâmico (10,0 x 6,0 x 22,0cm)+Sem revestimento externo", "Sem revestimento interno +Bloco cerâmico (9,0 x 9,0 x 24,0cm)+Sem revestimento externo", ""),
```

("Argamassa interna (2,5cm)+Bloco cerâmico (14,0 x 19,0 x 29,0cm)+Lã de Rocha (4cm) +
 Bloco cerâmico (14,0 x 19,0 x 29,0cm) + Argamassa externa (2,5cm)", "Argamassa interna
 (2,5cm)+Bloco cerâmico (14,0 x 19,0 x 29,0cm)+Lã de Rocha (4cm) + Bloco cerâmico (14,0 x 19,0 x
 29,0cm) + Argamassa externa (2,5cm)", ""),
 ("Argamassa interna (2,5cm)+Bloco cerâmico (9,0 x 19,0 x 19,0cm)+Argamassa externa
 (2,5cm)+Pintura externa", "Argamassa interna (2,5cm)+Bloco cerâmico (9,0 x 19,0 x
 19,0cm)+Argamassa externa (2,5cm)+Pintura externa", ""),
 ("Argamassa interna (2,5cm)+Bloco cerâmico (12,0 x 19,0 x 19,0cm)+Argamassa externa
 (2,5cm)+Pintura externa", "Argamassa interna (2,5cm)+Bloco cerâmico (12,0 x 19,0 x
 19,0cm)+Argamassa externa (2,5cm)+Pintura externa", ""),
 ("Placa de gesso (1,25cm) + Câmara de ar (>2cm) + Placa de gesso (1,25cm)", "Placa de
 gesso (1,25cm) + Câmara de ar (>2cm) + Placa de gesso (1,25cm)", ""),
 ("Placa de gesso (1,25cm) + Lã de vidro (10cm) + Placa de gesso (1,25cm)", "Placa de
 gesso (1,25cm) + Lã de vidro (10cm) + Placa de gesso (1,25cm)", ""),
 ("Placa de gesso (1,25cm) + Lã de vidro (7,5cm) + Placa de gesso (1,25cm)", "Placa de
 gesso (1,25cm) + Lã de vidro (7,5cm) + Placa de gesso (1,25cm)", ""),
 ("Placa de gesso (1,25cm) + Câmara de ar (>2cm) + Placa de cimentícia (1cm)", "Placa de
 gesso (1,25cm) + Câmara de ar (>2cm) + Placa de cimentícia (1cm)", ""),
 ("Placa de gesso (1,25cm) + Lã de vidro 10cm) + Placa de cimentícia (1cm)", "Placa de
 gesso (1,25cm) + Lã de vidro 10cm) + Placa de cimentícia (1cm)", ""),
 ("Placa de gesso (1,25cm) + Lã de vidro (7,5cm) + Placa cimentícia (1cm)", "Placa de gesso
 (1,25cm) + Lã de vidro (7,5cm) + Placa cimentícia (1cm)", ""),
 ("Placa de gesso (1,25cm) + Lã de rocha (9cm) + Placa cimentícia (1cm)", "Placa de gesso
 (1,25cm) + Lã de rocha (9cm) + Placa cimentícia (1cm)", ""),
]
)

class Panel_Web(bpy.types.Panel):

```

    bl_label = "Interface INI-R"
    bl_idname = "VIEW3D_PT_00"
    bl_space_type = 'VIEW_3D'
    bl_region_type = 'UI'
    bl_context = "objectmode"
    bl_category = "INI-R METAMODELO"
  
```

def draw(self, context):

```

    props = context.scene.my_props
    layout = self.layout
    row = layout.row()
    row.prop(props, 'NomeUH')
    row = layout.row()
    row.prop(props, 'Tipologia')
    row = layout.row()
    row.prop(props, 'Cidade')
    row = layout.row()
    row.prop(props, 'CidadeP')
    row = layout.row()
    row.operator(TEST_OT_import_tst.bl_idname, text="Planilha Modelo INI-
R", icon='GREASEPENCIL')
    row = layout.row()
    row.operator(Operator_Web.bl_idname, text="Preencher os dados", icon='GREASEPENCIL')
    row = layout.row()
    row.operator(Get_Results_Real.bl_idname, text="Obter os Resultados", icon='GREASEPENCIL')
    layout.label(text= "CgTA (kWh/ano) : "+" " + "{:.2f}".format(props.Real_CgTA))
    layout.label(text= "CgTR (kWh/ano) : "+" " + "{:.2f}".format(props.Real_CgTR))
    layout.label(text= "PHiFT (%) : "+" " + "{:.2f}".format(props.Real_PHiFT))
    layout.label(text= "PHsFT (%) : "+" " + "{:.2f}".format(props.Real_PHsFT))
  
```

```

layout.label(text= "PHFT (%) : "+" "+" + "{:.2f}".format(props.Real_PHFT))
layout.label(text= " To mín (°C) : "+" "+" + "{:.2f}".format(props.Real_Tomin))
layout.label(text= " To max (°C) : "+" "+" + "{:.2f}".format(props.Real_Tomax))

```

```
class Panel_Space(bpy.types.Panel):
```

```

    bl_label = "Ambientes"
    bl_idname = "VIEW3D_PT_01"
    bl_space_type = 'VIEW_3D'
    bl_region_type = 'UI'
    bl_context = "objectmode"
    bl_category = "INI-R METAMODELO"

```

```
def draw(self, context):
```

```

    props = context.scene.my_props
    layout = self.layout
    row = layout.row()
    row.operator(Operator_isolate_spaces.bl_idname,text="Isolar Espaços",icon='GREASEPENCIL')
    row = layout.row()
    row.prop(props, 'UsoS')
    row = layout.row()
    row.prop(props, 'ADesvioN')
    row = layout.row()
    row.prop(props, 'CEEr')
    row.prop(props, 'CEEa')
    row = layout.row()
    row.prop(props, 'APPS')
    row = layout.row()
    row = layout.row()
    row.prop(props, 'AreaS')
    row = layout.row()
    row.prop(props, 'PeDireitoS')
    row = layout.row()
    row.prop(props, 'AnguloS')
    row = layout.row()
    row.operator(Operator_config_spaces.bl_idname,text="Preencher
    Espaços",icon='GREASEPENCIL')

```

```
class Panel_Window(bpy.types.Panel):
```

```

    bl_label = "Janelas"
    bl_idname = "VIEW3D_PT_search3"
    bl_space_type = 'VIEW_3D'
    bl_region_type = 'UI'
    bl_context = "objectmode"
    bl_category = "INI-R METAMODELO"

```

```
def draw(self, context):
```

```

    props = context.scene.my_props
    layout = self.layout
    row = layout.row()
    row.operator(Operator_isolate_window.bl_idname,text="Isolar Janelas",icon='GREASEPENCIL')
    row = layout.row()
    row.prop(props, 'direcao')
    row = layout.row()
    row.prop(props, 'jan_u')
    row = layout.row()

```

```

row.prop(props, 'percvj')
row = layout.row()
row.prop(props, 'perctj')
row = layout.row()
row.prop(props, 'jan_FS')
row = layout.row()
row.prop(props, 'venezianaj')
row = layout.row()
row.prop(props, 'AreaS')
row = layout.row()
row.operator(Operator_fill_windows.bl_idname, text="Preencher
Janelas", icon='GREASEPENCIL')

```

```
class Panel_Door(bpy.types.Panel):
```

```

    bl_label = "Portas"
    bl_idname = "VIEW3D_PT_Door"
    bl_space_type = 'VIEW_3D'
    bl_region_type = 'UI'
    bl_context = "objectmode"
    bl_category = "INI-R METAMODELO"

```

```
def draw(self, context):
```

```

    props = context.scene.my_props
    layout = self.layout
    row = layout.row()
    row.operator(Operator_isolate_door.bl_idname, text="Isolar Portas", icon='GREASEPENCIL')
    row = layout.row()
    row.prop(props, 'direcaoDoor')
    row = layout.row()
    row.operator(Operator_fill_doors.bl_idname, text="Preencher Portas", icon='GREASEPENCIL')

```

```
class Panel_Floors(bpy.types.Panel):
```

```

    bl_label = "Pisos"
    bl_idname = "VIEW3D_PT_search6"
    bl_space_type = 'VIEW_3D'
    bl_region_type = 'UI'
    bl_context = "objectmode"
    bl_category = "INI-R METAMODELO"

```

```
def draw(self, context):
```

```

    props = context.scene.my_props
    layout = self.layout
    row = layout.row()
    row.operator(Operator_isolate_floors.bl_idname, text="Isolar Pisos", icon='GREASEPENCIL')
    row = layout.row()
    row.prop(props, 'exposicaopiso')
    row = layout.row()
    row.prop(props, 'piso_u')
    row = layout.row()
    row.prop(props, 'piso_ct')
    row = layout.row()
    row.operator(Operator_fill_floors.bl_idname, text="Preencher Pisos", icon='GREASEPENCIL')

```

```
class Panel_Roofs(bpy.types.Panel):
```

```

bl_label = "Cobertura"
bl_idname = "VIEW3D_PT_search7"
bl_space_type = 'VIEW_3D'
bl_region_type = 'UI'
bl_context = "objectmode"
bl_category = "INI-R METAMODELO"

```

```
def draw(self, context):
```

```

    props = context.scene.my_props
    layout = self.layout
    row = layout.row()
    row.operator(Operator_isolate_roofs.bl_idname, text="Isolar Telhados", icon='GREASEPENCIL')
    row = layout.row()
    row.prop(props, 'cob_tipo')
    row = layout.row()
    row.prop(props, 'exposicaocobertura')
    row = layout.row()
    row.prop(props, 'cob_u')
    row = layout.row()
    row.prop(props, 'cob_ct')
    row = layout.row()
    row.prop(props, 'cob_a')
    row = layout.row()
    row.operator(Operator_fill_roofs.bl_idname, text="Preencher Telhados", icon='GREASEPENCIL')

```

```
class Panel_Walls(bpy.types.Panel):
```

```

    bl_label = "Paredes"
    bl_idname = "VIEW3D_PT_02"
    bl_space_type = 'VIEW_3D'
    bl_region_type = 'UI'
    bl_context = "objectmode"
    bl_category = "INI-R METAMODELO"

```

```
def draw(self, context):
```

```

    props = context.scene.my_props
    layout = self.layout
    row = layout.row()
    row.operator(Operator_isolate_wall_surfaces.bl_idname, text="Isolar Superfícies de Paredes", icon='GREASEPENCIL')
    row = layout.row()
    row.prop(props, 'direcao')
    row = layout.row()
    row.prop(props, 'UsoWall')
    row = layout.row()
    row.operator(Operator_fill_wall_surfaces.bl_idname, text="Preencher Superfícies de Paredes", icon='GREASEPENCIL')
    row = layout.row()
    layout.label(text=" Parâmetros da INI-R:")
    layout = self.layout
    row.operator(Operator_isolate_walls.bl_idname, text="Isolar Paredes", icon='GREASEPENCIL')
    row = layout.row()
    row.prop(props, 'par_tipo')
    row = layout.row()
    row.prop(props, 'par_u')
    row = layout.row()
    row.prop(props, 'par_ct')

```

```

row = layout.row()
row.prop(props, 'par_a')
row = layout.row()
row.prop(props, 'par_dhsd')
row = layout.row()
row.prop(props, 'par_dhse')
row = layout.row()
row.prop(props, 'par_dvsfac')
row = layout.row()
row.prop(props, 'par_dve')
row = layout.row()
row.operator(Operator_fill_wall_parameters.bl_idname, text="Preencher
Paredes", icon='GREASEPENCIL')

```

Operators

```
class TEST_OT_import_tst(Operator, ImportHelper):
```

```
    bl_idname = 'test.import_tst'
```

```
    bl_label = 'test import test'
```

```
    bl_options = {'PRESET', 'UNDO'}
```

```
    def execute(self, context):
```

```
        props = context.scene.my_props
```

```
        props.caminho = self.filepath
```

```
        return {'FINISHED'}
```

```
class Get_Results_Real(Operator, ImportHelper):
```

```
    bl_idname = 'cd.get_results_real'
```

```
    bl_label = 'test import test'
```

```
    bl_options = {'PRESET', 'UNDO'}
```

```
    def execute(self, context):
```

```
        print('RESULTADOS REAL ', self.filepath)
```

```
        props = context.scene.my_props
```

```
        props.caminhogetresults = self.filepath
```

```
        book=load_workbook(props.caminhogetresults)
```

```
        sheet = book.active
```

```
        napp = int(props.Num_app)
```

```
        nappf = napp
```

```
        ICgTA = []
```

```
        ICgTR = []
```

```
        IPHiFT = []
```

```
        IPHsFT = []
```

```
        ITomin = []
```

```
        ITomax = []
```

```
        l02 = list(range(nappf))
```

```
        i=2
```

```
        for read in l02:
```

```
            cell_obj1 = sheet.cell(row = i, column = 2)
```

```
            ICgTA.append(cell_obj1.value)
```

```
            i = i+1
```

```
        props.Real_CgTA = round(sum(ICgTA),2)
```

```
        i=2
```

```
        for read in l02:
```

```

        cell_obj2 = sheet.cell(row = i, column = 3)
        ICgTR.append(cell_obj2.value)
        i = i+1

    props.Real_CgTR = round(sum(ICgTR),2)

    i=2
    for read in l02:
        cell_obj3 = sheet.cell(row = i, column = 4)
        IPHiFT.append(cell_obj3.value)
        i = i+1

    props.Real_PHiFT = round((sum(IPHiFT))/len(IPHiFT),2)

    i=2
    for read in l02:
        cell_obj4 = sheet.cell(row = i, column = 5)
        IPHsFT.append(cell_obj4.value)
        i = i+1

    props.Real_PHsFT = round((sum(IPHsFT))/len(IPHsFT),2)
    props.Real_PHFT = 100 - props.Real_PHiFT - props.Real_PHsFT

    i=2
    for read in l02:
        cell_obj6 = sheet.cell(row = i, column = 6)
        ITomax.append(cell_obj6.value)
        i = i+1
    props.Real_Tomax = round(max(ITomax),2)

    i=2
    for read in l02:
        cell_obj5 = sheet.cell(row = i, column = 7)
        ITomin.append(cell_obj5.value)
        i = i+1
    props.Real_Tomin = round(min(ITomin),2)

    return {'FINISHED'}

class Operator_Web(bpy.types.Operator):
    """Tooltip"""
    bl_idname = "cd.operator_web"
    bl_label = "Abrir Web INI-R"

    def execute(self, context):

        props = context.scene.my_props
        fill_parameters(props)

        return {"FINISHED"}

class Operator_config_spaces(bpy.types.Operator):
    """Tooltip"""
    bl_idname = "cd.operator_cs"
    bl_label = "Preencher espaços"

    @classmethod
    def poll(cls, context):

```

```

        return context.selected_objects

    def execute(self, context):

        props = context.scene.my_props
        config_spaces(props)

        return {"FINISHED"}

class Operator_isolate_spaces(bpy.types.Operator):
    """Tooltip"""
    bl_idname = "cd.operator_is"
    bl_label = "Isolar Espaço"

    def execute(self, context):

        props = context.scene.my_props
        isolate_spaces(props)

        return {"FINISHED"}

class Operator_isolate_wall_surfaces(bpy.types.Operator):
    """Tooltip"""
    bl_idname = "cd.isolate_wall_surfaces"
    bl_label = "Isolar Janelas"

    def execute(self, context):

        props = context.scene.my_props
        isolate_wall_surfaces(props)

        return {"FINISHED"}

class Operator_fill_wall_surfaces(bpy.types.Operator):
    """Tooltip"""
    bl_idname = "cd.fill_wall_surfaces"
    bl_label = "Preencher Janelas"

    def execute(self, context):

        props = context.scene.my_props
        fill_wall_surfaces(props)

        return {"FINISHED"}

class Operator_isolate_walls(bpy.types.Operator):
    """Tooltip"""
    bl_idname = "cd.isolate_walls"
    bl_label = "Preencher Janelas"

    def execute(self, context):

        props = context.scene.my_props
        isolate_walls(props)

        return {"FINISHED"}

class Operator_fill_wall_parameters(bpy.types.Operator):
    """Tooltip"""

```

```

bl_idname = "cd.fill_wall_parameters"
bl_label = "Preencher Janelas"

def execute(self, context):

    props = context.scene.my_props
    fill_wall_parameters(props)

    return {"FINISHED"}

class Operator_isolate_roofs(bpy.types.Operator):
    """Tooltip"""
    bl_idname = "cd.isolateroofs"
    bl_label = "Isolar Janelas"

    def execute(self, context):

        props = context.scene.my_props
        isolate_roofs(props)

        return {"FINISHED"}

class Operator_fill_roofs(bpy.types.Operator):
    """Tooltip"""
    bl_idname = "cd.fillroofs"
    bl_label = "Isolar Janelas"

    def execute(self, context):

        props = context.scene.my_props
        fill_roofs(props)

        return {"FINISHED"}

class Operator_isolate_window(bpy.types.Operator):
    """Tooltip"""
    bl_idname = "cd.isolatewindow"
    bl_label = "Isolar Janelas"

    def execute(self, context):

        props = context.scene.my_props
        isolate_window(props)

        return {"FINISHED"}

class Operator_fill_windows(bpy.types.Operator):
    """Tooltip"""
    bl_idname = "cd.fillwindow"
    bl_label = "Isolar Janelas"

    def execute(self, context):

        props = context.scene.my_props
        fill_windows(props)

        return {"FINISHED"}

class Operator_isolate_door(bpy.types.Operator):

```

```

        """Tooltip"""
        bl_idname = "cd.isolatedoor"
        bl_label = "Isolar Portas"

        def execute(self, context):

            props = context.scene.my_props
            isolate_door(props)

            return {"FINISHED"}

class Operator_fill_doors(bpy.types.Operator):
    """Tooltip"""
    bl_idname = "cd.filldoors"
    bl_label = "Preencher Portas"

    def execute(self, context):
        props = context.scene.my_props
        fill_doors(props)

        return {"FINISHED"}

class Operator_isolate_floors(bpy.types.Operator):
    """Tooltip"""
    bl_idname = "cd.isolatefloors"
    bl_label = "Isolar Pisos"

    def execute(self, context):

        props = context.scene.my_props
        isolate_floors(props)

        return {"FINISHED"}

class Operator_fill_floors(bpy.types.Operator):
    """Tooltip"""
    bl_idname = "cd.fill_floors"
    bl_label = "Preencher Pisos"

    def execute(self, context):

        props = context.scene.my_props
        fill_floors(props)

        return {"FINISHED"}

CLASSES = [
    Panel_Web,
    Operator_Web,
    MyProperties,
    Panel_Space,
    Operator_config_spaces,
    Operator_isolate_spaces,
    Operator_isolate_wall_surfaces,
    Operator_fill_wall_surfaces,
    Panel_Walls,
    Operator_fill_wall_parameters,

```

```

    Operator_isolate_walls,
    Operator_isolate_floors,
    Panel_Floors,
    Operator_isolate_roofs,
    Panel_Roofs,
    Operator_isolate_door,
    Panel_Door,
    Operator_isolate_window,
    Operator_fill_windows,
    Operator_fill_floors,
    Panel_Window,
    Operator_fill_roofs,
    Operator_fill_doors,
    TEST_OT_import_tst,
    Get_Results_Real,
]

def register():
    for klass in CLASSES:
        bpy.utils.register_class(klass)
        bpy.types.Scene.my_props = bpy.props.PointerProperty(type=MyProperties)

def unregister():
    del bpy.types.Scene.my_props
    for klass in CLASSES:
        bpy.utils.unregister_class(klass)

if __name__ == "__main__":
    register()

```