



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LUCAS DE BRITO CORREIA

**ESTUDO DE MELHORIA NO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA RESIDÊNCIA
HABITACIONAL COM PAVIMENTO ÚNICO EM CAJUEIRO, RECIFE-PE**

RECIFE
2025

LUCAS DE BRITO CORREIA

**ESTUDO DE MELHORIA NO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA RESIDÊNCIA
HABITACIONAL COM PAVIMENTO ÚNICO EM CAJUEIRO, RECIFE-PE**

Proposta de trabalho submetida à UFPE para
obtenção de aprovação da disciplina Trabalho de
Conclusão de Curso II

Orientador: Prof. Dr. Antonio Nunes Barbosa
Filho

RECIFE

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Correia, Lucas de Brito.

Estudo de melhoria no desempenho térmico de uma residência
habitacional com pavimento único em Cajueiro, Recife-PE / Lucas de Brito
Correia. - Recife, 2025.

57 : il., tab.

Orientador(a): Antonio Nunes Barbosa Filho

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Civil -
Bacharelado, 2025.

Inclui referências, apêndices, anexos.

1. Desempenho Térmico. I. Filho, Antonio Nunes Barbosa. (Orientação). II.
Título.

620 CDD (22.ed.)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

PARECER DA COMISSÃO DE
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

LUCAS DE BRITO CORREIA

**ESTUDO DE MELHORIA NO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA RESIDÊNCIA
HABITACIONAL COM PAVIMENTO ÚNICO EM CAJUEIRO, RECIFE-PE**

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Departamento de Materiais

A comissão examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro,
considera o candidato LUCAS DE BRITO CORREIA **APROVADO COM NOTA** _____.

Recife, XX de XX de 2024

Prof: Dr. Antonio Nunes Barbosa Filho (Orientador)

Prof. xxx

Prof. xxx

RESUMO

Este trabalho se dedicou ao estudo do desempenho térmico nas edificações. Para tanto, discorreu-se sobre a caracterização, as variáveis etc, culminando com a aplicação dos conhecimentos a um caso concreto, de uma unidade residencial situada em Cajueiro, Recife-PE, podendo sofrer variações ao longo do tempo, dependendo, prioritariamente, de sua localização, seus materiais, suas absorptâncias, sua locação e seu entorno. Para a casa em questão, foram indicadas maneiras de conseguir alcançar um melhor conforto térmico. Relatar-se-ão as alterações sofridas no entorno desta edificação ao longo dos anos. Demonstrar-se-ão, minuciosamente, os cálculos desenvolvidos para as conclusões finais deste projeto, assim como os softwares e programas utilizados para a obtenção dos resultados numéricos que precederão a análise final deste trabalho. As soluções apresentadas serão mudança na coloração de algumas paredes para cores com menores absorptâncias, alteração na coloração de esquadrias externas incolores para esquadrias verdes, mudança na cor das telhas e adição de sombreamentos por uso de toldos. Essas análises se destacam no detalhe na conclusão deste trabalho que, através dos resultados finais, foi percebido que o cenário de adição de sombreamentos fez um efeito melhor, quando se comparado aos demais cenários analisados.

ABSTRACT

This work is dedicated to the study of thermal performance in buildings. To this end, it was discussed characterization, variables, etc., culminating in the application of this knowledge to a concrete case of a residential unit located in Cajueiro, Recife-PE neighborhood, that may varies over time, primarily depending on its location, materials, absorptances – which vary according to its colors – placement, and surroundings. For this house in question, ways to achieve better thermal comfort was proposed. Changes in the surroundings of this building over the years will be reported. The calculations developed for the final conclusions of this project will be meticulously demonstrated, as well as the software and programs used to obtain the numerical results that will precede the final analysis of this study. The proposed solutions will include changing the color of some walls to shades with lower absorptance, altering the color of external frames from colorless to green, changing the roof tile colors, and adding shading structures using awning. Through the final results, it was observed that the scenario with added shading had a better effect when compared to the other scenarios.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	7
1.1	JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO	8
1.2	OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS.....	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1	NORMAS E ARTIGOS PARA ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO	14
2.2	CARACTERIZAÇÃO DA CASA E SEU ENTORNO.....	15
2.2.1	<i>Caracterização da casa e seu entorno antigamente (Década de 90)</i>	<i>16</i>
2.2.2	<i>Caracterização da casa e seu entorno atualmente (2025)</i>	<i>16</i>
2.3	CENÁRIOS ANALISADOS PARA A MELHORIA EM SEU DESEMPENHO TÉRMICO	16
2.4	SOFTWARES UTILIZADOS NA ANÁLISE	17
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
3.1	MECANISMO DE FUNCIONAMENTO DO <i>EP-Launch</i> E <i>ENERGYPLUS</i>	19
3.2	USO DA PLANTA BAIXA PARA DETERMINAÇÃO DAS LINHAS DE EIXO	21
3.3	USO DO <i>SketchUp</i> 8 PARA A TRANSFORMAÇÃO DO ARQUIVO DWG PARA SKP	23
3.4	USO DO <i>SketchUp</i> 2017 PARA A MODELAGEM COMPUTACIONAL.....	24
3.5	USO DAS FERRAMENTA <i>ENERGYPLUS</i> E <i>EP-Launch</i> PARA ANÁLISE E SIMULAÇÃO DOS RESULTADOS.....	26
4	RESULTADOS.....	33
4.1	ANÁLISE DOS DADOS SIMULADOS EM DIFERENTES CENÁRIOS.....	33
4.1.1	<i>Cenário 01 – Alteração na coloração das paredes nos APP's</i>	<i>34</i>
4.1.2	<i>Cenário 02 – Alteração na coloração das janelas dos APP's</i>	<i>35</i>
4.1.3	<i>Cenário 03 – Alteração na coloração do telhado da casa</i>	<i>36</i>
4.1.4	<i>Cenário 04 – Alteração no sombreamento da casa com adição de toldos.....</i>	<i>37</i>
4.2	COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS.....	38
4.3	RESULTADOS DOS MODELOS REAIS.....	39
4.4	RESULTADOS DOS MODELOS DE REFERÊNCIA	40
5	CONCLUSÕES	43
6	REFERÊNCIAS	44
7	APÊNDICES.....	47
8	ANEXOS	51

1 INTRODUÇÃO

O calor pode ser definido como energia que flui de um corpo mais quente para um corpo mais frio, até que ambos atinjam o equilíbrio térmico, segundo Feynman, 1964. Essa transferência de calor pode ser por três formas: condução, convecção e radiação. A condução é o processo de transferência de calor através de materiais sólidos, conforme James Clerk Maxwell, 1871. Convecção é a transferência de calor por meios líquidos e gases, de acordo com Lord Rayleigh, 1916. Já a radiação é a transferência de calor por ondas eletromagnéticas, como a luz, diz Max Planck, 1914.

Temperaturas extremas impõem maior esforço ao corpo, reduzindo sua capacidade de resposta imunológica. Ambientes com temperatura controlada ajudam a manter a homeostase, de acordo com *Journal of Environmental Health*, 2016.

Ambientes termicamente desconfortáveis são associados à redução do uso de espaços para atividades de lazer, como leitura e relaxamento, descreve *Building and Environment Journal*, 2019.

A percepção de conforto em um espaço está diretamente ligada à saúde emocional, promovendo maior satisfação, cita *Environmental Behavior Journal*, estudo de 2018.

O desempenho térmico de uma unidade habitacional está relacionado com a capacidade de uma construção de manter uma temperatura adequada no seu interior. Sendo assim, é importante para melhorias em seu conforto, sua eficiência energética e, consequentemente, financeira.

Os planejamentos de projetos futuros serão facilitados, caso haja conformidade com as normas técnicas de desempenho. Concomitantemente, os indivíduos que residem na casa sofrerão melhorias significativas em suas saúdes físicas e mentais, qualidades de vida e rotinas, promovendo um bem-estar integral. É válido salientar também que há um aumento no valor imobiliário perante o conforto térmico apresentado pela edificação.

Alguns outros conceitos também serão abordados, como o de absorptância, que é a capacidade de um material absorver radiação térmica (ou luz), segundo Max Planck, 1914, e modelagem, que é a construção de representações de sistemas para análise ou previsão de seu comportamento, para John von Neumann, 1944.

1.1 Justificativa e motivação

Transformações arquitetônicas e estruturais em uma vizinhança tendem a ser inevitáveis. Tais transformações impactam diretamente em edificações vizinhas. Partindo desta premissa, é importante estar sempre tentando procurar maneiras mais eficientes de reduzir os impactos negativos que possam vir a ser ocasionados ao longo do tempo.

A escolha pelo tema tem como motivação o crescente desconforto térmico que a casa em estudo vem apresentando ao longo dos anos, ocasionado por alguns fatores que fogem de sua alçada. Esses fatores são, principalmente: elevação dos pavimentos das casas vizinhas, mudança nas cores das fachadas das casas vizinhas, mudanças climáticas, diminuição de áreas verdes em seu logradouro, ruas próximas asfaltadas e/ou pavimentadas, elevação de muros vizinhos.

Esta casa está diretamente ligada a mim, o autor deste trabalho e este que vos escreve, pois foi nesta casa que houve meu crescimento e moradia por mais de vinte anos, antes de ir morar nos Estados Unidos e, posteriormente, ao retornar ao Brasil, em Abreu e Lima-PE. Nela, hoje, residem minha mãe e minha avó. Entretanto, algumas vezes por semana, principalmente aos finais de semana, costumam receber visitas. Nestas visitas, costumam-se ter a percepção de um calor inexistente na época em que a residi. É perceptível, também, que as altas taxas de temperatura costumam influenciar de maneira direta e proeminente no comportamento das pessoas que lá estão, assim como em suas respectivas saúdes.

Além de tudo citado anteriormente, foi adquirida experiência ao estagiar por mais de um ano em uma determinada empresa onde houve contato diretamente com o setor de desempenho térmico. Lá, atuando em diferentes análises e em diferentes tipos de edificações, como casas e edifícios, diferentes localizações (cidades e estados) e diferentes tipos, Studios, unidades habitacionais, entre outros, houve uma melhoria na compreensão deste tema. Durante este tempo, foi analisado mais de cem projetos diferentes, identificando fatores em comuns com melhoras e pioras em seus desempenhos térmicos. Tal experiência serviu como um aprendizado e um olhar mais aguçado para este tema. Por isso, a escolha por este trabalho veio a calhar positivamente.

Algumas imagens relacionadas a casa e ao seu entorno estarão ilustradas abaixo nas Imagem 1, Imagem 2 e Imagem 3.

Imagem 1 – Vista frontal da casa com seus entornos laterais e posterior



Fonte: Google Maps

Imagem 2 – Vista com os entornos frontais da casa



Fonte: Google Maps

Imagem 3 – Vista superior da casa em seu logradouro



Fonte: Google Maps

1.2 Objetivos gerais e específicos

O objetivo geral deste trabalho é apresentar proposições de melhoria no desempenho térmico de uma unidade residencial no bairro de Cajueiro, em Recife/PE.

Como objetivos específicos, podem-se listar:

- Fazer simulações do desempenho térmico da casa para cenários distintos, considerando diferentes alternativas na configuração, coloração e materiais da edificação.
- Analisar os resultados obtidos nas simulações e fazer uma comparativo dos mesmos.

Buscando atender os objetivos propostos neste trabalho, fez-se necessária a estruturação dos seguintes capítulos:

Capítulo 1 – Capítulo introdutório (Introdução) justificando e dando motivações para a criação e desenvolvimento deste trabalho, alcançando os objetivos gerais e específicos do mesmo;

Capítulo 2 – Referências teóricas (Referencial Teórico) acerca do assunto, familiarizando o leitor com o tema, terminologias e bibliografias;

Capítulo 3 – Descrições técnicas (Materiais e Métodos) através de esquemas, imagens, descrições sequenciais e lógicas sobre os softwares utilizados e caracterização dos cenários em análise;

Capítulo 4 – Análise dos resultados (Resultados) encontrados para cada cenário avaliado, assim como imagens mostrando os valores numéricos para cada cenário;

Capítulo 5 – Conclusões individuais (Conclusão) de cada um dos resultados para cada cenário e conclusão final identificando qual a melhor opção, assim como o porquê da escolha.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Alguns conceitos são importantes para o entendimento do trabalho. Conforto térmico é definido, segundo FANGER (1970), como a condição mental na qual o indivíduo expressa satisfação com o ambiente térmico. Algumas variáveis podem alterar este conforto, como variáveis ambientais e biológicas.

A absortância é a fração da energia incidente que uma superfície absorve, segundo Sparrow e Jonsson, 1963. Enquanto que a refletância é a fração da radiação incidente que uma superfície reflete, segundo Gustavo Baptista, 2012.

Modelagem é a construção de representações de sistemas para análise ou previsão de seu comportamento, de acordo com Donald Schön, 1983.

Dentre todas as variáveis ambientais que alteram o conforto térmico, as principais são:

- Temperatura do ar – Introduzindo, inicialmente, o conceito de homeostase, segundo Cannon (1929), homeostase é o estado de equilíbrio dinâmico mantido pelo organismo para regular seu ambiente interno, garantindo condições estáveis, apesar das variações externas. Ou seja, como o organismo humano tem, em geral e aproximadamente, 37°C como a temperatura padrão, qualquer variação térmica para baixo ou para cima poderá ocasionar um desconforto térmico na pessoa;
- Radiação Solar – Superfícies que são expostas ao calor ou ao frio influenciam a troca de calor por radiação. Logo, os materiais terão influência direta sobre o conforto térmico;
- Umidade relativa do ar – A alta umidade dificulta a evaporação do suor, reduzindo a capacidade do corpo de se resfriar. Baixa umidade pode causar ressecamento das vias respiratórias e, conseqüente desconforto;
- Velocidade do ar – Correntes de ar mais velozes aumentam a troca de calor com o corpo, proporcionando esfriamentos em climas mais quentes, mas causando desconforto em climas mais frios;
- Trocas térmicas – O contato com superfícies quentes ou frias influenciam diretamente na troca de calor, e conseqüente conforto térmico.

Dentre todas as variáveis biológicas que podem alterar o conforto térmico, as principais são:

- **Metabolismo** – Metabolismo gera calor, alterando a necessidade de dissipação térmica. Homens e mulheres possuem diferentes metabolismos, sendo o homem mais propício a suportar temperaturas mais baixas, por sua maior taxa de metabolismo, e as mulheres a suportar temperaturas mais altas por sua menor taxa metabólica. Atividades físicas também influenciam nesta percepção. Sendo assim, a finalidade para a qual a edificação é construída impacta na sensação térmica;
- **Vestimenta** – Roupas são isolantes térmicos, reduzindo ou aumentando a perda de calor para o ambiente. O estilo, a cor e o tecido da roupa podem aumentar ou diminuir a sensação térmica. Com isso, é importante, novamente, salientar que a finalidade para a qual a edificação será construída impacta na sensação térmica;
- **Fatores psicológicos** – Pessoas com distúrbios psicológicos, devido a problemas sociais e/ou metabólicos, podem metabolizar mais, alterando suas sensações térmicas.

Outras variáveis relacionadas à localidade geográfica da edificação também afetam o desempenho térmico. São elas: latitude, longitude, altitude, vegetação e insolação.

- **Latitude** – Regiões próximas ao equador recebem mais radiação solar;
- **Longitude** - Afeta a distribuição dos fusos horários, influenciando a variação térmica;
- **Altitude** – Quanto maior a altitude, menor pressão atmosférica e temperatura;
- **Vegetação** – Vegetações geram sombreamentos, contribuem para a evapotranspiração e são isolantes térmicos;
- **Insolação** – Regiões tropicais recebem mais radiação solar, contrapondo à baixa radiação solar recebida em áreas polares.

Com toda esta carga informativa, é notável a variação das percepções nas temperaturas para cada pessoa, a depender da edificação.

Algumas destas características para a casa em análise neste projeto são: casa com duas mulheres (uma com mais de 80 anos e a outra com mais de 60 anos), pavimento térreo, boa vegetação, casa poente, situada no bairro de Cajueiro, Recife/PE. O detalhamento técnico sobre a construção está descrito na metodologia. Sobre o bairro de Cajueiro:

- Latitude: 8°00'44'' S;
- Longitude: 34°53'10'' O;

- Altitude: Situado a 4m acima do nível do mar;
- Umidade relativa média anual: 80-85%;
- Velocidade média do vento anual: 10-15km/h;
- Região com construções residenciais predominantemente de casas.

Houve uma intensa verticalização nas residências em Cajueiro nos últimos 10 anos, promovendo um desconforto térmico ao longo do tempo. Muros também foram elevados, servindo então como uma barreira física para a entrada de ventos.

Sobre a cidade de Recife, também houve mudanças significativas nos últimos 10 anos (2016-2025), que alteraram a percepção térmica das pessoas. Algumas delas foram:

- Na temperatura de 25,7°C para 28,6°C;
- Na umidade relativa média anual de 80-85% para 77,6%;
- Na precipitação anual de 1500mm para 1200mm;
- No aumento de verticalização das edificações;
- Na diminuição das vegetações.

O sol possui benefícios e malefícios. Com essa informação em mãos, é importante saber aproveitar o seu uso de maneira eficiente. Abaixo, serão listados alguns dos seus benefícios e malefícios:

- O sol da manhã pode energizar o espaço de descanso;
- O sol da tarde pode ser aproveitado na varanda ou no quintal;
- O sol da tarde por ajudar na secagem natural de roupas no varal;
- O sol da tarde pode superaquecer os ambientes;
- Em regiões quentes, o sol da tarde pode deixar o local com sensação de estufa.

A rosa dos ventos, que é a representação gráfica dos pontos cardeais, colaterais e subcolaterais, que são utilizados para orientação e localização, é de crucial importância para a decisão na escolha da posição da casa. Abaixo estarão destacadas algumas das razões pela qual é necessário conhecer e entender bem a rosa dos ventos:

- A posição solar de uma casa influencia a quantidade de luz natural que entra no imóvel, a temperatura dos ambientes e o conforto térmico;
- A orientação solar da face leste de casas é uma escolha comum para suas construções, pois recebe o sol da manhã;

- A orientação solar determina a quantidade de luz natural que entra na casa;
- A orientação solar afeta a temperatura dos ambientes;
- O ideal é que ambientes recebam sol pela manhã, ficando virados para norte ou leste.

Outros fatores que também podem ser citados, nos quais influenciam diretamente no conforto e desempenho térmico da casa estarão descritos abaixo, com a finalidade de demonstrar a complexidade na hora de avaliar as escolhas das cores, móveis, materiais, entre outros. São eles:

- Cores – Paredes que possuem cores claras aumentam a permanência de energia solar dentro dos ambientes;
- Móveis – Espelhos refletem a luz para outras paredes e espaços;
- Materiais – Cortinas leves e translúcidas auxiliam na maior absorção de luz solar. Aumentar suas aberturas pode ajudar a conseguir maiores confortos visuais;

2.1 Normas e Artigos para Análise de Desempenho Térmico

Algumas normas são necessárias para o desenvolvimento deste trabalho. São elas:

A NBR 15575-1-2013 trata de desempenho de edificações habitacionais, quantificando valores críticos e definindo uma metodologia para os resultados finais como os de Carga Térmica, que seria a quantidade de valor necessária para manter ou modificar a temperatura de um ambiente, considerando o calor ganho por fatores como fontes externas (radiação solar) e internas (pessoas e equipamentos), além das perdas térmicas para o ambiente externo. Neste processo também se faz necessária a criação de um modelo de referência (MREF), afim de comparar os resultados obtidos. Para este MREF algumas diretrizes devem ser seguidas, como considerar uma área de esquadrias externas em ambientes de permanências prolongadas (APP's), como quartos e salas, de 17%. Deve-se, também, comparar o norte da edificação com o norte geográfico, aumentando a exposição solar nas fachadas mais envidraçadas, ao oeste e ao norte possíveis, pois são as posições mais críticas, considerando que o sol nasce no Leste e se põe no Oeste e que, conseqüentemente, são as áreas que sofrerão maior exposição solar nas horas mais quentes durante o dia. É importante adicionar a esta análise os dados climáticos pertencentes à cidade em estudo (no caso em questão, Recife), distinguindo-se, então, de variáveis de outras cidades, como latitude e longitude, que interferem diretamente nos resultados.

A NBR ISSO 10456-2022 determina as propriedades higrotérmicas de materiais e produtos de construção. São algumas destas propriedades: Densidade (Kg/m^3), Condutividade Térmica de Projeto (W/(m.k)) e Calor específico (J/(kg.K)). As determinações destes valores são importantes, porque são através deles que serão feitas as trocas de calores por condução.

O artigo de Dornelles (2008) nos ajuda a determinar com uma precisão as absorptâncias das texturas nas fachadas, já que possuem tabelas com uma ampla variedade de cores e suas respectivas absorptâncias, baseadas em seus estudos utilizando tintas látex acrílica e PVA. Já em Dornelles (2021), a principal ajuda é a identificação para um melhor entendimento das possíveis opções de telhas, que impactarão diretamente nos resultados da análise.

Barbosa et al. (2023) complementa os estudos de Dornelles, fornecendo dados sobre absorptâncias em revestimentos cerâmicos, caracterizando propriedades térmicas e ópticas.

2.2 Caracterização da casa e seu entorno

A casa em estudo passou por algumas reformas, sendo duas delas grandes e mais significativas. Inicialmente, a casa possuía um quarto, uma sala, uma cozinha e um banheiro. A cobertura possuía algumas falhas, como uma queda d'água quase inexistente, com uma baixa angulação, a altura da casa era baixa, com apenas 3m de pé direito (medida que mensura a altura do piso até o início do teto) e não existência de telhados. Após alguns problemas de infiltração, foram colocadas telhas. Porquanto persistia o problema, foi adicionado um pendural (peça vertical localizada no centro do telhado, responsável por suportar o peso das peças diagonais) aumentando a cota do piso até a cumeeira (parte mais alta de um telhado, onde as duas águas/quedas se encontram) para 4m, e foram adicionadas telhas. O terreno possuía 220m² e um jardim plenamente arborizado. Em seus oitões, jardim e quintal não havia lajotas no chão.

Em relação ao entorno, havia casas ao leste, ao oeste, noroeste, nordeste, sudoeste, sudeste e sul. Com exceção da casa ao nordeste, que possuía uma altura de 7m, todas as outras eram baixas, sem primeiro andar, e não passavam de 4m de altura até suas cumeeiras. A casa ao oeste, possuía uma árvore (pé de jambo) robusta de, aproximadamente, 5m de altura, que fornecia uma boa área de sombreamento.

2.2.1 Caracterização da casa e seu entorno antigamente (Década de 90)

Após a primeira grande reforma, a casa passou a contar com dois quartos, uma sala, um terraço, uma cozinha, uma área de serviço e um banheiro. Manteve os 220m² de área e seu jardim bastante arborizado.

Neste período, o terreno ao norte, no qual não havia construção, passou a ter uma casa de primeiro andar, com uma altura aproximada de 8m de altura.

2.2.2 Caracterização da casa e seu entorno atualmente (2025)

A casa atualmente (2025) possui três quartos (uma suíte), duas salas, dois banheiros, uma cozinha, uma área de serviço, uma despensa e um terraço. Possui também 5m de recuo frontal (jardim arborizado), 1,5m nos recuos laterais e traseiro. O terreno continua possuindo 220m², dos quais 11m são de largura e 20m de profundidade. Porém, sua área arbórea diminuiu significativamente. Passou a ter lajotas em algumas áreas, principalmente no jardim.

Seu entorno passou a ter casas mais altas por conta de construções de primeiro andar, como nas casas ao oeste, leste, nordeste e sudeste, quando posicionadas em relação à fachada frontal da casa.

2.3 Cenários Analisados para a melhoria em seu Desempenho Térmico

Dentre várias possibilidades que poderiam ser apresentadas, foram escolhidos quatro cenários que, comumente, fazem diferenças significativas.

Cenário 01 – Alteração na coloração das paredes para cores mais claras, ou seja, com uma menor absorção. Para este cenário, como a casa já está em cores claras, com uma tonalidade clara de amarelo, a indicação seria pintá-la toda de branco;

Cenário 02 – Alteração nas cores dos vidros das janelas. Ao possuir vidros incolores, a tendência é a entrada da luz com maior facilidade para os ambientes internos. Entretanto, ao colocar vidros verdes, uma parte desta luz é refletida, melhorando no desempenho térmico da casa;

Cenário 03 – Alteração da coloração do telhado. Tem sido mais comum olharmos telhados pintados com cores claras, e isso se dá porque o telhado é o maior ponto de captação da energia solar durante o dia, e onde causa mais impacto térmico à casa. Ao pintar o telhado de branco, teremos benefícios mais significantes termicamente e, por conseguinte, em termos de rendimentos energéticos e elétricos;

Cenário 04 – Adição de toldos de madeira na fachada frontal da casa, diminuindo a exposição ao sol sofrida pelos ambientes, paredes e pisos.

O cenário ideal para esta análise seria uma mudança nos quatro cenários em conjunto. Entretanto, a finalidade última deste projeto não é nem estrutural e nem arquitetônica, e, sim, meramente funcional. Partindo deste pressuposto, é inteligível que uma mudança conjunta nos quatro cenários, deliberadamente, ocasionaria uma mudança drástica na identidade visual da casa. Sendo assim, é preferível entregar as opções separadamente.

2.4 *Softwares* utilizados na análise

Alguns softwares (programas que fazem o computador realizar tarefas específicas) foram necessários para a análise de desempenho térmico da casa, sendo eles:

AutoCAD, software de desenho que permite uma melhor precisão nos dimensionamentos e compreensão visual.

SketchUP 8 e *SketchUP* 2017: O primeiro foi utilizado para a importação e consequente conversão do arquivo do *AutoCAD* (dwg) para *SketchUP* (skp). O segundo foi usado para a modelagem computacional (método usado para criar representações virtuais de objetos do mundo real) propriamente dita.

EP-Launch: É uma interface que ajuda na simulação de dados no *EnergyPlus*.

EnergyPlus: Software de simulação para análise de dados do desempenho térmico de edificações.

IDF (Input Data File): É um arquivo de entrada para o *EnergyPlus*. É nele que estarão contidos os dados de metodologia construtiva, dados climáticos, especificações de materiais, os dados da modelagem do *SketchUP*, entre outros.

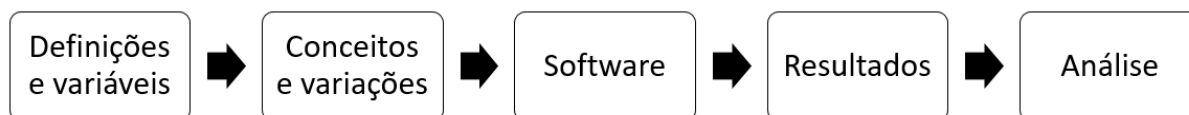
Excel: Software usado para criar planilhas. Estas planilhas conterão os dados simulados e compilados pelos programas citados anteriormente.

Compilador (Programado em linguagem *Python*): *Software* que compila os resultados simulados pelo *EnergyPlus* em dados mais compactos, fornecendo os valores necessários para os resultados da análise.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar os resultados propostos para este estudo, seguiu-se a metodologia descrita no fluxograma abaixo:

Fluxograma 1 - Fluxograma de metodologia



- ✓ Etapa 1 - As definições e variáveis, situadas no capítulo 1, serviram como mecanismo de compreensão para a estrutura do projeto, sendo citadas definições de calor e desempenho térmico, entre outros;
- ✓ Etapa 2 - Os conceitos e variações, caracterizados no capítulo 2, ajudaram a identificar as diferenças das percepções térmicas sentidas em cada pessoa, devido às alterações dentro do conceito de conforto térmico;
- ✓ Etapa 3 - O software, descrito no capítulo 3, detalhará cada etapa que levou à compilação final dos resultados e posterior análise;
- ✓ Etapa 4 - Os resultados, demonstrados no capítulo 4, serão revelados para uma posterior análise;
- ✓ Etapa 5 - A análise dos resultados, apresentada no capítulo 5, será realizada a partir dos resultados gerados pelo uso do software, criando comparações entre eles.

Fluxograma 2 – Fluxograma dos softwares utilizados



3.1 Mecanismo de funcionamento do *EP-Launch* e *EnergyPlus*

O *EP-Launch* em si não realiza a simulação, mas serve como uma interface que executa o *EnergyPlus*. Quando o usuário seleciona um modelo e inicia a simulação pelo *EP-Launch*, o *EnergyPlus* processa o arquivo de entrada (*IDF*), que descreve o edifício, os sistemas e os dados

de uso. Com base nessas informações, o programa executa cálculos termoeenergéticos hora a hora, geralmente para um ano inteiro (8.760 horas).

A simulação considera diversos elementos: materiais das superfícies, cargas internas (iluminação, equipamentos, ocupação), ventilação, sistemas *HVAC* (*Heating, Ventilation and Air Conditioning*), estratégias de controle, entre outros. Esses dados são cruzados com o arquivo climático (EPW) correspondente à localização do edifício. Com isso, o *EnergyPlus* realiza o balanço de energia em cada zona térmica do edifício.

O modelo matemático utiliza equações de transferência de calor por condução, convecção e radiação, mostradas nas equações (1), (2), (3) e (4), considerando também trocas de massa (infiltrações e renovações de ar). Os sistemas de climatização são simulados com base em curvas de desempenho e algoritmos de controle. A cada passo de tempo (geralmente uma hora, mas pode ser menor), o programa atualiza as condições internas e externas, ajusta o funcionamento dos sistemas e armazena os resultados.

$$q = -k * \left(\frac{dT}{dx}\right)$$

Equação (1)

$$Q = K * A * \frac{dT}{L}$$

Equação (2)

$$Q = h * A * (Ts - T\infty)$$

Equação (3)

$$Q = \varepsilon * \sigma * A * (Ts^4 - Tamb^4)$$

Equação (4)

Onde:

q = fluxo de calor (W/m²)

k = condutividade térmica do material (W/m.K)

dT/dx = gradiente de temperatura na direção x

Q = taxa de transferência de calor (W)

A = área de transferência (m²)

dT = diferença de temperatura entre as faces (K ou °C)

L = Espessura do material

h = coeficiente de transferência de calor por convecção (W/m².K)

Ts = Temperatura da superfície (K ou °C)

T_{∞} = Temperatura do fluido longe da superfície (K ou °C)

ε = emissividade da superfície (adimensional, 0 a 1)

σ = constante de Stefan-Boltzmann = $5,67 \cdot 10^{-8}$ W/m²*K⁴)

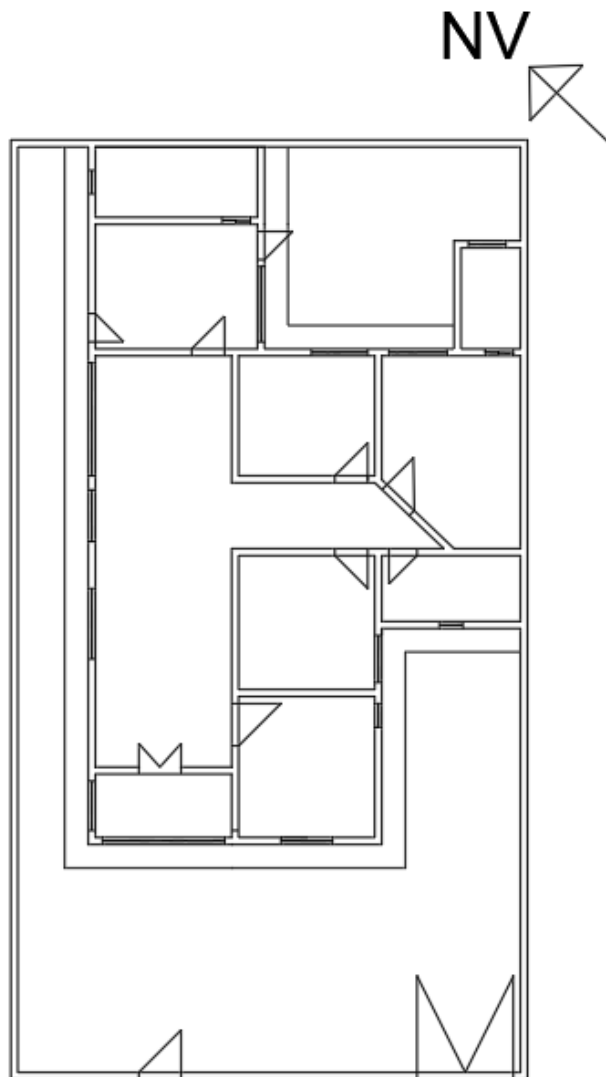
T_{amb} = temperatura do ambiente ou outra superfície (K)

Ao fim da simulação, são gerados arquivos de saída com dados como temperaturas internas, consumo de energia, carga térmica, desempenho dos sistemas *HVAC*, entre outros. O *EP-Launch* organiza esses arquivos, facilitando o acesso ao relatório principal (em *HTML*) e aos dados numéricos (CSV e tabulados). Dessa forma, o usuário pode analisar o comportamento térmico e energético do edifício simulado ao longo do tempo, com alta resolução e precisão.

3.2 Uso da Planta Baixa para Determinação das Linhas de Eixo

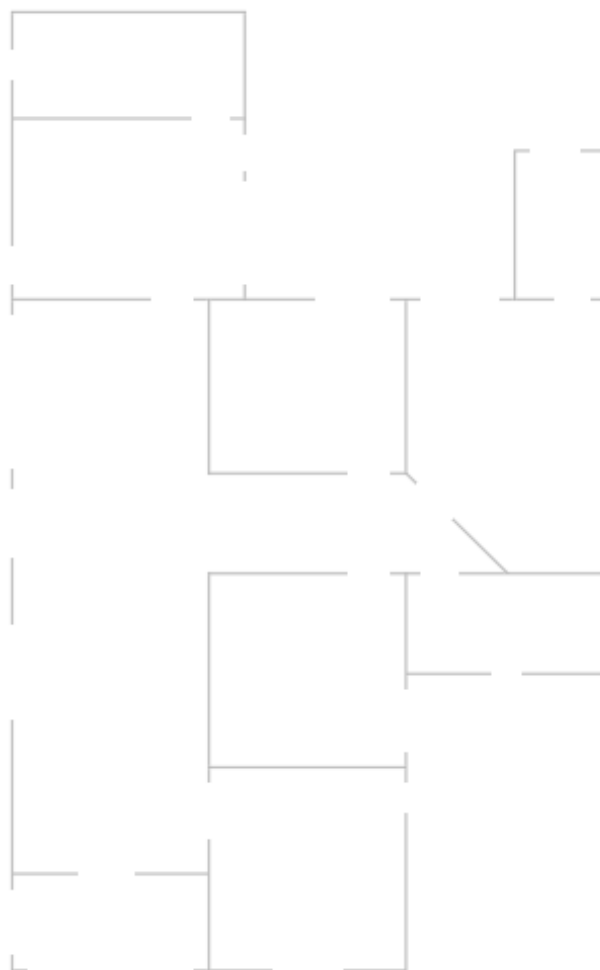
Como ponto de partida para o desenvolvimento deste trabalho, foi necessário o acesso às plantas baixas, adquiridas com o consentimento da proprietária, quem disponibilizou todas as plantas necessárias para dar início à análise. Através do acesso à planta baixa, ainda em papeis, foram traçadas as linhas no *AutoCAD*, facilitando a visualização e começando o traçado das linhas de eixo (linhas que servem de referências para a modelagem inicial no *SketchUP*). Vale salientar neste ponto que as linhas de eixo são linhas traçadas no meio das paredes, delimitando os APP's (Ambientes de Permanência Prologada) que serão avaliados e outros ambientes que influenciam diretamente nos resultados finais através das propagações de calor e permissão/proibição da entrada de ventos nestes locais.

Figura 1 - Planta Baixa no *AutoCAD*



Fonte: Autoria própria

Figura 2 - Linhas de Eixo



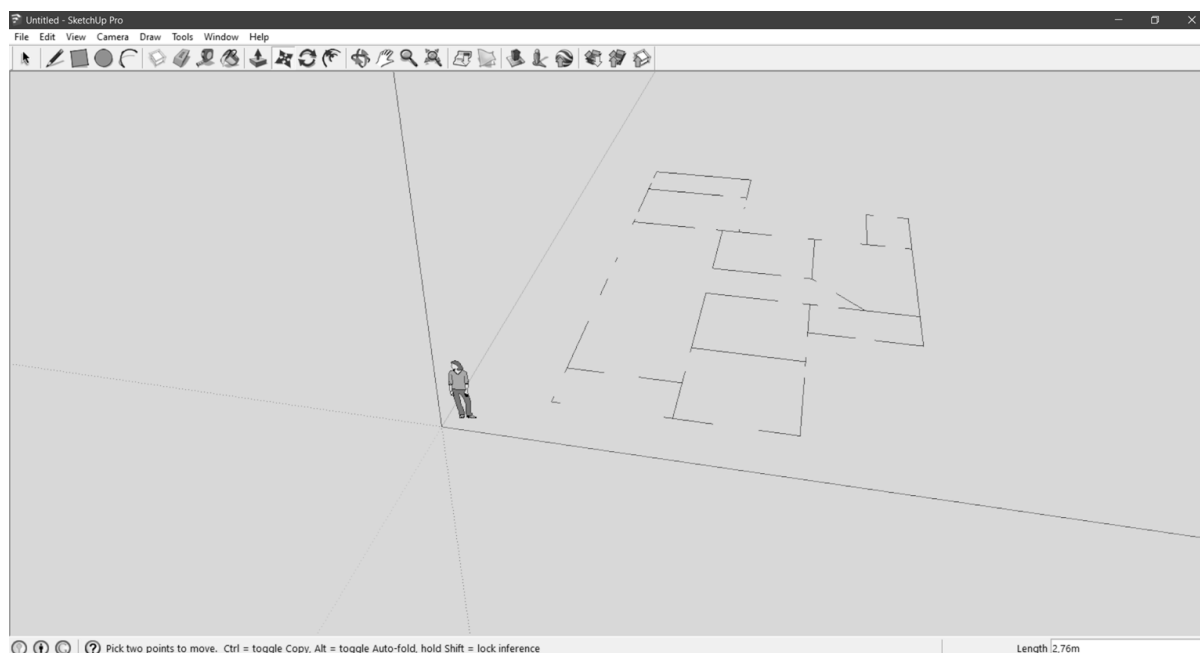
Fonte: Autoria própria

Após o traçado das linhas de eixo no *AutoCAD*, foi necessário o salvamento do arquivo como Desenho do *AutoCAD* 2007/LT2007, opção sugerida ao clicar em “salvar como”, para dar prosseguimento às próximas etapas da análise.

3.3 Uso do *SketchUp* 8 para a Transformação do Arquivo dwg para skp

Nesta etapa é necessária a transformação do arquivo salvo anteriormente em um arquivo que o *SketchUP* consiga ler (de dwg para skp). Ao abrir o *SketchUP* 8, o arquivo dwg deve ser importado através do menu oferecido pelo *software* e, então, salvo como skp.

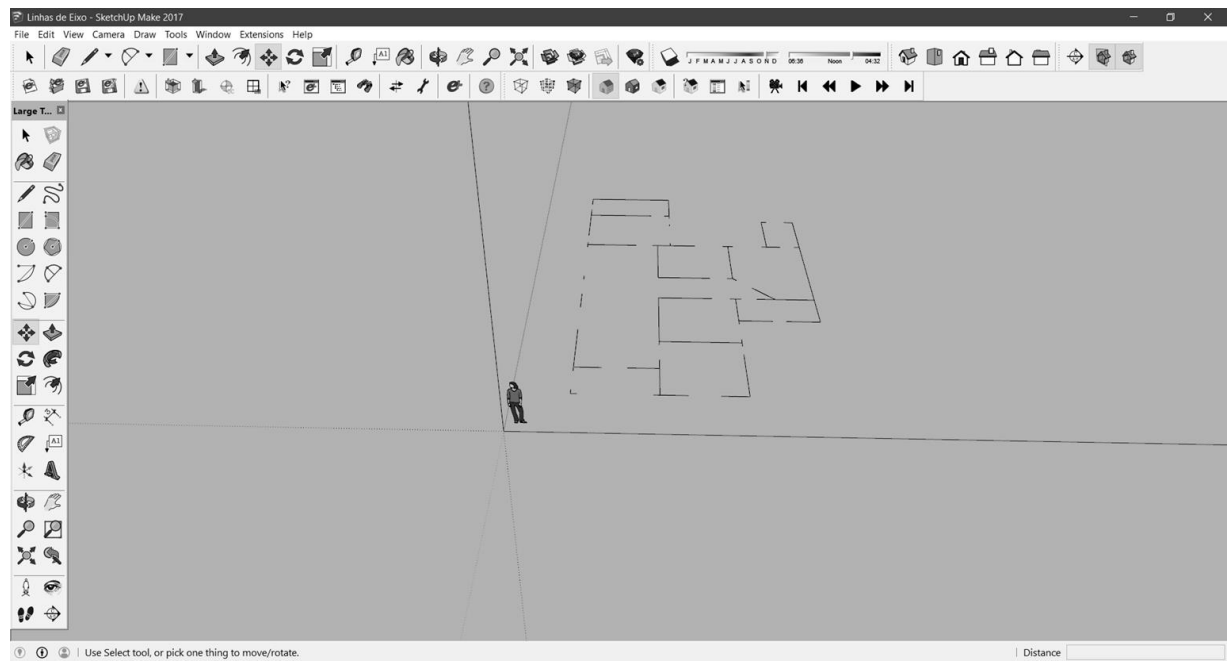
Figura 3 - Importação das Linhas de Eixo pelo *SketchUP* 8



Fonte: Autoria própria

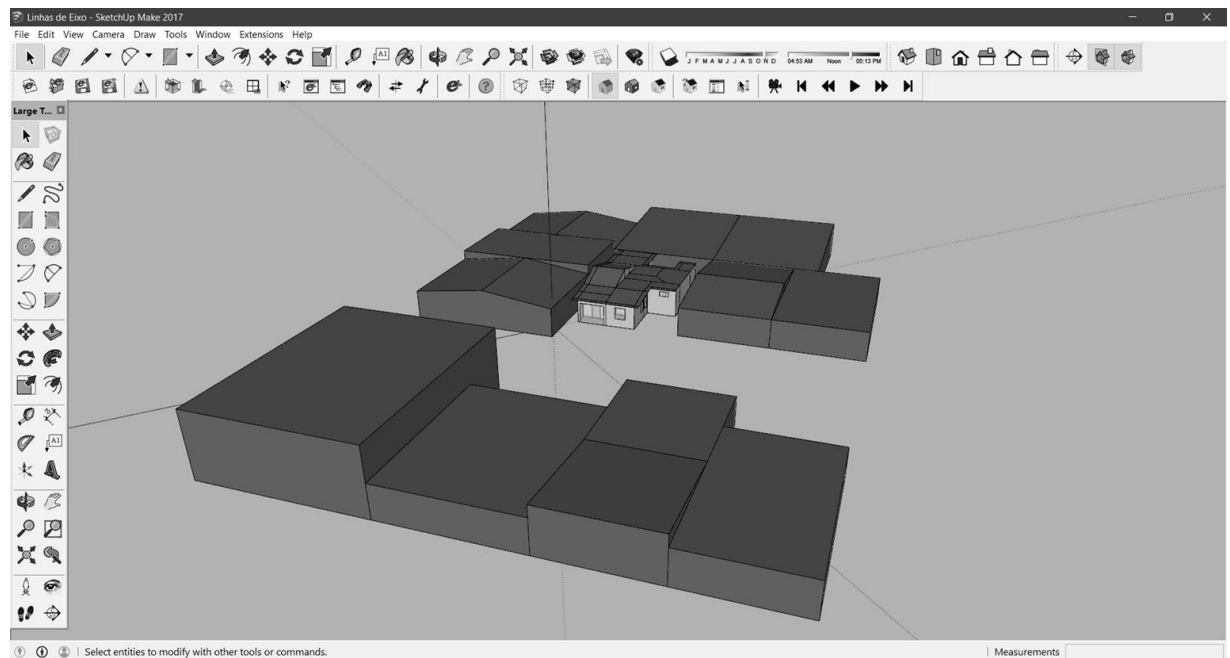
3.4 Uso do *SketchUp* 2017 para a Modelagem Computacional

Com o arquivo devidamente salvo em skp, o *SketchUP* 2017 foi o *software* utilizado para a modelagem computacional deste trabalho. É importante mencionar que o uso do *IDF* (*Input Data File*) é o formato de arquivo utilizado pelo *EnergyPlus*, que é uma ferramenta de simulação de desempenho energético e térmico. Após abrir o arquivo das linhas de eixo, deve-se imediatamente fazer o *upload* do arquivo idf que será utilizado como base para a modelagem. Para contextualização, tudo o que for modelado a partir deste ponto no *SketchUP* 2017, será salvo no *IDF*, utilizando o sufixo .idf ao fazer o salvamento dos arquivos. Inicializar-se-á a modelagem nesta etapa, como podemos verificar nas figuras a seguir:

Figura 4 – Início da modelagem no *SketchUP* 2017

Fonte: Autoria própria

Figura 5 - Modelagem do MREAL finalizada



Fonte: Autoria própria

Primeiramente, a modelagem é feita para o modelo real (MREAL) e, depois de todos os processos de modelagem e configuração no *IDF*, é feita a modelagem para o modelo de referência (MREF), através da ação de “copiar” e “colar” os objetos configurados, evitando assim ter que configurar duas vezes o *IDF*. Cada ambiente é modelado através da opção de zona no menu de interface do *software*, a qual será constituída de pisos, tetos, telhados, paredes internas e/ou externas, portas e/ou janelas. Também é necessário conhecer o pé direito (distância entre o chão e o teto de um ambiente, medida em ângulo reto) dos ambientes, localizados, geralmente, nas plantas de cortes do projeto.

Para o MREF, as portas e janelas externas nos APP's são redimensionadas, afim de atender os 17% de área envidraçada da norma (citada anteriormente). Nesta etapa, é importante o uso de uma planilha, como o *Excel*, para facilitar os cálculos.

Figura 6 - Tabela auxiliar para o redimensionamento das esquadrias no MREF

	area do piso	area efetiva	altura	Largura	Qnt Esquadrias	Centro + ? (Pra cada lado)
ambiente	8,10	1,38	1,10	1,25	1	0,63

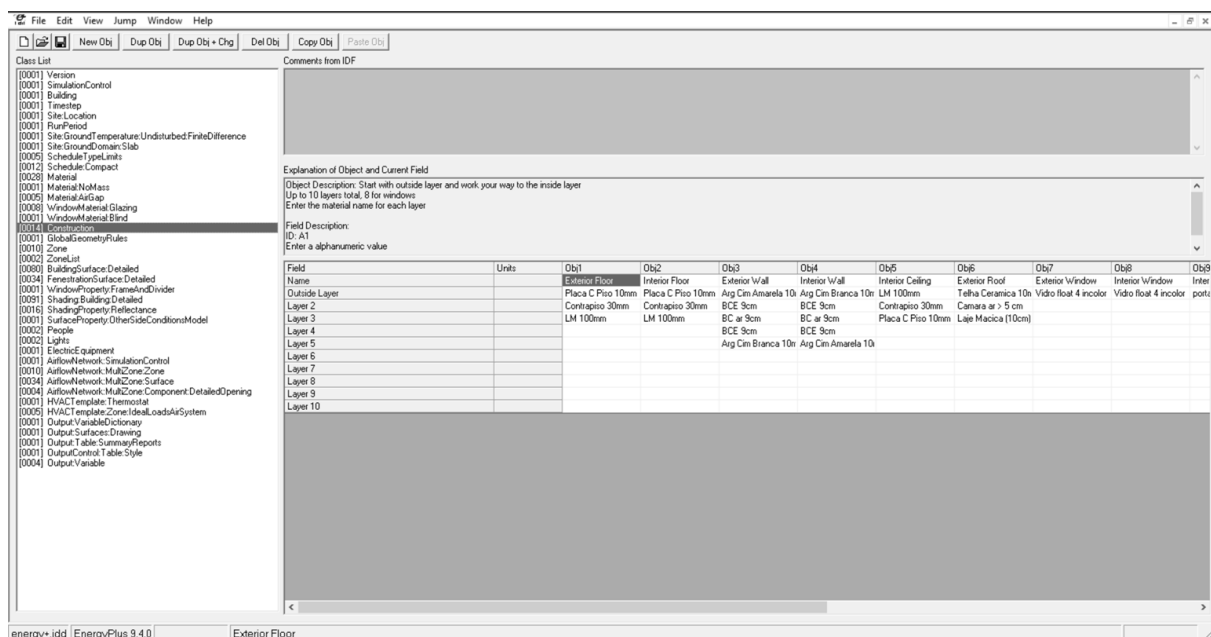
MULTIPLAS ESQUADRIAS EM UMA ZONA									
Representação das esquadrias			Altura constante		Alturas variáveis				
	M²	%	Largura ef	centro +	percentual	Área efetiva	altura	Largura	Centro + ? (Pra cada lado)
At	3,48	100,00							
A1	2,48	71,26	0,89	0,45	0,71	0,98	1,10	0,89	0,45
A2	1,00	28,74	0,36	0,18	0,29	0,40	2,10	0,19	0,09
A3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,10	0,00	0,00
A4	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,10	0,00	0,00

Considerando que a área de um quadrilátero é a sua altura x sua largura, uma das duas variáveis pode ser mantida constante, sendo necessária a alteração da outra para alteração da sua área (ex: se uma janela tem 1,10m de altura x 1,10m de largura e faz-se necessário o aumento de sua área, o valor da altura pode permanecer constante enquanto sua largura aumenta, objetivando chegar ao valor de 17% da área de piso total da zona).

3.5 Uso das Ferramenta *EnergyPlus* e *EP-Launch* para análise e simulação dos resultados

Após concluída a modelagem do MREAL, as configurações com as características dos materiais serão descritas no *IDF*.

Figura 7 - Layout do IDF



Fonte: Autoria própria

No *IDF*, caberá um maior cuidado em suas configurações, pois serão consideradas diversas opções. No Objeto *Building*, o Norte Verdadeiro e o Norte da Implantação devem coincidir, considerando que o objetivo é simular a situação mais crítica, que seria com a exposição solar poente mais presente; neste caso, 45°. No *Site:Location* foram colocados os dados climáticos da cidade de Recife, como Latitude e Longitude. No *RunPeriod* foi considerado o período no qual houve a leitura. Para as opções de *Site:GroundTemperature:Undisturbed:FiniteDifference* e *Site:GroundDomain:Slab* foram atribuídos valores referentes ao solo, como condutividade térmica, densidade, etc. Esta opção é importante, pois a casa tem contato direto do seu piso com o solo. No *Material* foram considerados os materiais usados para descrever a metodologia construtiva, assim como no *Construction*, que foi adotado como se dá a distribuição desses materiais. As características dos materiais que são levadas em consideração são: Rugosidade, Espessura, Condutividade, Densidade, Calor Específico, Absortância Térmica, Absortância Solar e Absortância Visível. No *ZoneList* são separados os APP's entre quartos e salas. No *ShadingProperty:Reflectance* são colocadas as faces do entorno (construções que possam vir a interferir na análise, mostradas nas imagens das modelagens) voltadas para a casa. Em *AirflowNetwork:Multizone:Zone* são colocadas as zonas que influenciarão nos resultados, assim como no *AirflowNetwork:Multizone:Surface* são colocadas as esquadrias (portas e janelas) que interferirão nos resultados.

Figura 8 - Configuração da Classe *Building*

[0001] Version	
[0001] SimulationControl	
[0001] Building	
[0001] Timestep	
[0001] Site:Location	
[0001] RunPeriod	
[0001] Site:GroundTemperature:Undisturbed:FiniteDifference	
[0001] Site:GroundDomain:Slab	
[0005] ScheduleTypeLimits	
[0012] Schedule:Compact	
[0028] Material	
[0001] Material:NoMass	
[0005] Material:AirGap	
[0008] WindowMaterial:Glazing	
[0001] WindowMaterial:Blind	
[0014] Construction	
[0001] GlobalGeometryRules	
[0010] Zone	
[0002] ZoneList	
[0080] BuildingSurface:Detailed	
[0034] FenestrationSurface:Detailed	
[0001] WindowProperty:FrameAndDivider	
[0119] Shading:Building:Detailed	
[0018] ShadingProperty:Reflectance	
[0001] SurfaceProperty:OtherSideConditionsModel	
[0002] People	
[0002] Lights	
[0001] ElectricEquipment	
[0001] AirflowNetwork:SimulationControl	
[0010] AirflowNetwork:MultiZone:Zone	
[0034] AirflowNetwork:MultiZone:Surface	
[0004] AirflowNetwork:MultiZone:Component:DetailedOpening	
[0001] HVACTemplate:Thermostat	
[0005] HVACTemplate:Zone:IdealLoadsAirSystem	
[0001] Output:VariableDictionary	
[0001] Output:Surfaces:Drawing	
[0001] Output:Table:SummaryReports	
[0001] OutputControl:Table:Style	
[0004] Output:Variable	

Explanation of Object and Current Field		
Object Description: Describes parameters that are used during the simulation of the building. There are necessary correlations between the entries for this object and some entries in the Site:WeatherStation and Site:HeightVariation objects, specifically the Terrain field.		
Field Description: ID: A1		
Field	Units	Obj1
Name		unfamiliar
North Axis	deg	45
Terrain		City
Loads Convergence Tolerance Value	w	0,04
Temperature Convergence Tolerance Value	deltaC	0,4
Solar Distribution		FullInteriorAndExteri
Maximum Number of Warmup Days		25
Minimum Number of Warmup Days		6

Fonte: Autoria própria

Figura 9 - Configuração da Classe *Site:Location*

[0001] Version	
[0001] SimulationControl	
[0001] Building	
[0001] Timestep	
[0001] Site:Location	
[0001] RunPeriod	
[0001] Site:GroundTemperature:Undisturbed:FiniteDifference	
[0001] Site:GroundDomain:Slab	
[0005] ScheduleTypeLimits	
[0012] Schedule:Compact	
[0028] Material	
[0001] Material:NoMass	
[0005] Material:AirGap	
[0008] WindowMaterial:Glazing	
[0001] WindowMaterial:Blind	
[0014] Construction	
[0001] GlobalGeometryRules	
[0010] Zone	
[0002] ZoneList	
[0080] BuildingSurface:Detailed	
[0034] FenestrationSurface:Detailed	
[0001] WindowProperty:FrameAndDivider	
[0091] Shading:Building:Detailed	
[0016] ShadingProperty:Reflectance	
[0001] SurfaceProperty:OtherSideConditionsModel	
[0002] People	
[0002] Lights	
[0001] ElectricEquipment	
[0001] AirflowNetwork:SimulationControl	
[0010] AirflowNetwork:MultiZone:Zone	
[0034] AirflowNetwork:MultiZone:Surface	
[0004] AirflowNetwork:MultiZone:Component:DetailedOpening	
[0001] HVACTemplate:Thermostat	
[0005] HVACTemplate:Zone:IdealLoadsAirSystem	
[0001] Output:VariableDictionary	
[0001] Output:Surfaces:Drawing	
[0001] Output:Table:SummaryReports	
[0001] OutputControl:Table:Style	
[0004] Output:Variable	

Explanation of Object and Current Field		
Object Description: Specifies the building's location. Only one location is allowed. Weather data file location, if it exists, will override this object.		
Field Description: ID: A1 Enter a alphanumeric value This field is required.		
Field	Units	Obj1
Name		Recife_PE_BRA.Dε
Latitude	deg	-8,05
Longitude	deg	-34,88
Time Zone	hr	-3
Elevation	m	10

Fonte: Autoria própria

Figura 10 - Configuração da Classe *RunPeriod*

[0001] Version	
[0001] SimulationControl	
[0001] Building	
[0001] Timestep	
[0001] Site:Location	
[0001] RunPeriod	
[0001] Site:GroundTemperature:Undisturbed:FiniteDifference	
[0001] Site:GroundDomain:Slab	
[0005] ScheduleTypeLimits	
[0012] Schedule:Compact	
[0028] Material	
[0001] Material:NoMass	
[0005] Material:AirGap	
[0008] WindowMaterial:Glazing	
[0001] WindowMaterial:Blind	
[0014] Construction	
[0001] GlobalGeometryRules	
[0010] Zone	
[0002] ZoneList	
[0080] BuildingSurface:Detailed	
[0034] FenestrationSurface:Detailed	
[0001] WindowProperty:FrameAndDivider	
[0091] Shading:Building:Detailed	
[0016] ShadingProperty:Reflectance	
[0001] SurfaceProperty:OtherSideConditionsModel	
[0002] People	
[0002] Lights	
[0001] ElectricEquipment	
[0001] AirflowNetwork:SimulationControl	
[0010] AirflowNetwork:MultiZone:Zone	
[0034] AirflowNetwork:MultiZone:Surface	
[0004] AirflowNetwork:MultiZone:Component:DetailedOpening	
[0001] HVACTemplate:Thermostat	
[0005] HVACTemplate:Zone:IdealLoadsAirSystem	
[0001] Output:VariableDictionary	
[0001] Output:Surfaces:Drawing	
[0001] Output:Table:SummaryReports	
[0001] OutputControl:Table:Style	
[0004] Output:Variable	

Explanation of Object and Current Field		
Object Description: Specify a range of dates and other parameters for a simulation. Multiple run periods may be input, but they may not overlap.		
Field Description: descriptive name (used in reporting mainly) Cannot be blank and must be unique. ID: A1. Enter a alphanumeric value. This field is required.		
Field	Units	Obj1
Name		ano
Begin Month		1
Begin Day of Month		1
Begin Year		
End Month		12
End Day of Month		31
End Year		
Day of Week for Start Day		Monday
Use Weather File Holidays and Special Days		No
Use Weather File Daylight Saving Period		No
Apply Weekend Holiday Rule		No
Use Weather File Rain Indicators		No
Use Weather File Snow Indicators		No
Treat Weather as Actual		

Fonte: Autoria própria

Figura 11 - Configuração da Classe *Site:GroundDomain:Slab*

[0001] Version	
[0001] SimulationControl	
[0001] Building	
[0001] Timestep	
[0001] Site:Location	
[0001] RunPeriod	
[0001] Site:GroundTemperature:Undisturbed:FiniteDifference	
[0001] Site:GroundDomain:Slab	
[0005] ScheduleTypeLimits	
[0012] Schedule:Compact	
[0028] Material	
[0001] Material:NoMass	
[0005] Material:AirGap	
[0008] WindowMaterial:Glazing	
[0001] WindowMaterial:Blind	
[0014] Construction	
[0001] GlobalGeometryRules	
[0010] Zone	
[0002] ZoneList	
[0080] BuildingSurface:Detailed	
[0034] FenestrationSurface:Detailed	
[0001] WindowProperty:FrameAndDivider	
[0091] Shading:Building:Detailed	
[0016] ShadingProperty:Reflectance	
[0001] SurfaceProperty:OtherSideConditionsModel	
[0002] People	
[0002] Lights	
[0001] ElectricEquipment	
[0001] AirflowNetwork:SimulationControl	
[0010] AirflowNetwork:MultiZone:Zone	
[0034] AirflowNetwork:MultiZone:Surface	
[0004] AirflowNetwork:MultiZone:Component:DetailedOpening	
[0001] HVACTemplate:Thermostat	
[0005] HVACTemplate:Zone:IdealLoadsAirSystem	
[0001] Output:VariableDictionary	
[0001] Output:Surfaces:Drawing	
[0001] Output:Table:SummaryReports	
[0001] OutputControl:Table:Style	
[0004] Output:Variable	

Explanation of Object and Current Field		
Object Description: Ground-coupled slab model for on-grade and in-grade cases with or without insulation.		
Field Description: ID: A1. Enter a alphanumeric value. This field is required.		
Field	Units	Obj1
Name		grounddomain_slab
Ground Domain Depth	m	10
Aspect Ratio		1
Perimeter Offset	m	5
Soil Thermal Conductivity	W/m-K	1
Soil Density	kg/m3	1250
Soil Specific Heat	J/kg-K	1200
Soil Moisture Content Volume Fraction	percent	30
Soil Moisture Content Volume Fraction at Saturation	percent	50
Undisturbed Ground Temperature Model Type		Site:GroundTemper.
Undisturbed Ground Temperature Model Name		groundtemp_finitedit
Evapotranspiration Ground Cover Parameter		0.4
Slab Boundary Condition Model Name		ground_coupled_os
Slab Location		OnGrade
Slab Material Name		
Horizontal Insulation		No
Horizontal Insulation Material Name		
Horizontal Insulation Extents		Full
Perimeter Insulation Width	m	
Vertical Insulation		No
Vertical Insulation Material Name		
Vertical Insulation Depth	m	
Simulation Timestep		Timestep
Geometric Mesh Coefficient		1,6
Mesh Density Parameter		6

Fonte: Autoria própria

Figura 12 - Configuração da Classe *Material*

[0001] Version	
[0001] SimulationControl	
[0001] Building	
[0001] TimeStep	
[0001] SiteLocation	
[0001] RunPeriod	
[0001] SiteGroundTemperatureUndisturbedFiniteDifference	
[0001] SiteGroundDomainSlab	
[0005] ScheduleTypeLimits	
[0012] ScheduleCompact	
[0005] Material	
[0001] MaterialNoMass	
[0005] MaterialAirGap	
[0008] WindowMaterialGlazing	
[0001] WindowMaterialBlind	
[0014] Construction	
[0001] GlobalGeometryRules	
[0010] Zone	
[0002] ZoneList	
[0008] BuildingSurfaceDetailed	
[0034] FenestrationSurfaceDetailed	
[0001] WindowPropertyFrameAndDivider	
[0091] ShadingBuildingDetailed	
[0016] ShadingPropertyReflectance	
[0001] SurfacePropertyOtherSideConditionsModel	
[0002] People	
[0002] Lights	
[0001] ElectricEquipment	
[0001] AirflowNetworkSimulationControl	
[0010] AirflowNetworkMultiZoneZone	
[0034] AirflowNetworkMultiZoneSurface	
[0004] AirflowNetworkMultiZoneComponentDetailedOpening	
[0001] HVACTemplateThermostat	
[0005] HVACTemplateZoneIdealLoadsAirSystem	
[0001] OutputVariableDictionary	
[0001] OutputSurfacesDrawing	
[0001] OutputTableSummaryReports	
[0001] OutputControlTableStyle	
[0004] OutputVariable	

Explanation of Object and Current Field									
Object Description: Regular materials described with full set of thermal properties									
Field Description: ID: A1 Enter a alphanumeric value This field is required.									
Field	Units	Obt1	Obt2	Obt3	Obt4	Obt5	Obt6	Obt7	Obt8
Name		LM 100mm	Arg Cim Branca 10m	Placa C Piso 10mm	Telha Ceramica 10m	BCE 9cm	Arg Cim Amarela 10m	Placa C Parede 10m	Arg Cim 10mm
Roughness		Rough	Rough	Rough	Rough	Rough	Rough	Rough	Rough
Thickness	m	0.1	0.01	0.01	0.01	0.014	0.01	0.01	0.01
Conductivity	W/m.K	2	1	0.9	1.3	0.9	1	0.9	1
Density	kg/m3	2400	1800	1600	2300	1600	1800	1600	1800
Specific Heat	J/kg.K	1000	1000	920	840	920	1000	920	1000
Thermal Absorptance		0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Solar Absorptance		0.6	0.2	0.691	0.635	0.28	0.2	0.386	0.6
Visible Absorptance		0.6	0.2	0.691	0.635	0.28	0.2	0.386	0.6

Fonte: Autoria própria

Figura 13 - Configuração da Classe *Construction*

[0001] Version	
[0001] SimulationControl	
[0001] Building	
[0001] TimeStep	
[0001] SiteLocation	
[0001] RunPeriod	
[0001] SiteGroundTemperatureUndisturbedFiniteDifference	
[0001] SiteGroundDomainSlab	
[0005] ScheduleTypeLimits	
[0012] ScheduleCompact	
[0005] Material	
[0001] MaterialNoMass	
[0005] MaterialAirGap	
[0008] WindowMaterialGlazing	
[0001] WindowMaterialBlind	
[0014] Construction	
[0001] GlobalGeometryRules	
[0010] Zone	
[0002] ZoneList	
[0008] BuildingSurfaceDetailed	
[0034] FenestrationSurfaceDetailed	
[0001] WindowPropertyFrameAndDivider	
[0091] ShadingBuildingDetailed	
[0016] ShadingPropertyReflectance	
[0001] SurfacePropertyOtherSideConditionsModel	
[0002] People	
[0002] Lights	
[0001] ElectricEquipment	
[0001] AirflowNetworkSimulationControl	
[0010] AirflowNetworkMultiZoneZone	
[0034] AirflowNetworkMultiZoneSurface	
[0004] AirflowNetworkMultiZoneComponentDetailedOpening	
[0001] HVACTemplateThermostat	
[0005] HVACTemplateZoneIdealLoadsAirSystem	
[0001] OutputVariableDictionary	
[0001] OutputSurfacesDrawing	
[0001] OutputTableSummaryReports	
[0001] OutputControlTableStyle	
[0004] OutputVariable	

Explanation of Object and Current Field									
Object Description: Start with outside layer and work your way to the inside layer Up to 10 layers total, 8 for windows Enter the material name for each layer									
Field Description: ID: A1 Enter a alphanumeric value									
Field	Units	Obt1	Obt2	Obt3	Obt4	Obt5	Obt6	Obt7	Obt8
Name		Exterior Floor	Interior Floor	Exterior Wall	Interior Wall	Interior Ceiling	Exterior Roof	Exterior Window	Interior Window
Outside Layer		Placa C Piso 10mm	Placa C Piso 10mm	Arg Cim Amarela 10m	Arg Cim Branca 10m	LM 100mm	Telha Ceramica 10m	Vidro float 4 incolor	Vidro float 4 incolor
Layer 2		Contrapiso 30mm	Contrapiso 30mm	BCE 9cm	BCE 9cm	Contrapiso 30mm	Camara ar > 5 cm		
Layer 3		LM 100mm	LM 100mm	BC ar 9cm	BC ar 9cm	Placa C Piso 10mm	Laje Macica (10cm)		
Layer 4				BCE 9cm	BCE 9cm				
Layer 5				Arg Cim Branca 10m	Arg Cim Amarela 10m				
Layer 6									
Layer 7									
Layer 8									
Layer 9									
Layer 10									

Fonte: Autoria própria

Figura 14 - Configuração da Classe *ZoneList*

[0001] Version

[0001] SimulationControl

[0001] Building

[0001] Timestep

[0001] Site:Location

[0001] RunPeriod

[0001] Site:GroundTemperature:Undisturbed:FiniteDifference

[0001] Site:GroundDomain:Slab

[0005] ScheduleTypeLimits

[0012] Schedule:Compact

[0028] Material

[0001] Material:NoMass

[0005] Material:AirGap

[0008] WindowMaterial:Glazing

[0001] WindowMaterial:Blind

[0014] Construction

[0001] GlobalGeometryRules

[0010] Zone

[0002] ZoneList

[0080] BuildingSurface:Detailed

[0034] FenestrationSurface:Detailed

[0001] WindowProperty:FrameAndDivider

[0091] Shading:Building:Detailed

[0016] ShadingProperty:Reflectance

[0001] SurfaceProperty:OtherSideConditionsModel

[0002] People

[0002] Lights

[0001] ElectricEquipment

[0001] AirflowNetwork:SimulationControl

[0010] AirflowNetwork:MultiZone:Zone

[0034] AirflowNetwork:MultiZone:Surface

[0004] AirflowNetwork:MultiZone:Component:DetailedOpening

[0001] HVACTemplate:Thermostat

[0005] HVACTemplate:Zone:IdealLoadsAirSystem

[0001] Output:VariableDictionary

[0001] Output:Surfaces:Drawing

[0001] Output:Table:SummaryReports

[0001] OutputControl:Table:Style

[0004] Output:Variable

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Defines a list of thermal zones which can be referenced as a group. The ZoneList name may be used elsewhere in the input to apply a parameter to all zones in the list.
ZoneLists can be used effectively with the following objects: People, Lights, ElectricEquipment, GasEquipment, HotWaterEquipment, ZoneInfiltration:DesignFlowRate, ZoneVentilation:DesignFlowRate, SizingZone, ZoneControl:Thermostat, and others.

Field Description: Name of the Zone List

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		salas	dorms
Zone 1 Name		5B7DC9	3DB4C3
Zone 2 Name		99614F	6271AF
Zone 3 Name			792A07
Zone 4 Name			
Zone 5 Name			
Zone 6 Name			
Zone 7 Name			
Zone 8 Name			
Zone 9 Name			
Zone 10 Name			
Zone 11 Name			
Zone 12 Name			
Zone 13 Name			
Zone 14 Name			
Zone 15 Name			

Fonte: Autoria própria

Figura 15 - Configuração da Classe *AirflowNetwork:MultiZone:Zone*

Version

SimulationControl

Building

Timestep

SiteLocation

RunPeriod

SiteGroundTemperatureUndisturbedFiniteDifference

SiteGroundDomainSlab

ScheduleTypeLimits

ScheduleCompact

Material

MaterialNoMass

MaterialAirGap

WindowMaterialGlazing

WindowMaterialBlind

Construction

GlobalGeometryRules

Zone

ZoneList

BuildingSurfaceDetailed

FenestrationSurfaceDetailed

WindowPropertyFrameAndDivider

ShadingBuildingDetailed

ShadingPropertyReflectance

SurfacePropertyOtherSideConditionsModel

People

Lights

ElectricEquipment

AirflowNetworkSimulationControl

AirflowNetworkMultiZoneZone

AirflowNetworkMultiZoneSurface

AirflowNetworkMultiZoneComponentDetailedOpening

HVACTemplateThermostat

HVACTemplateZoneIdealLoadsAirSystem

OutputVariableDictionary

OutputSurfacesDrawing

OutputTableSummaryReports

OutputControlTableStyle

OutputVariable

Explanation of Object and Current Field

Object Description: This object is used to simultaneously control a thermal zone's window and door openings, both exterior and interior.

Field Description: Enter the zone name where ventilation control is required.

ID: A1

Select from list of objects

This field is required.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8
Zone Name		1F45EE	5B7DC9	28DFD0	53B9A5	6271AF	792A07	500DFD	1864E7
Ventilation Control Mode									
Ventilation Control Zone Temperature Setpoint Schedule									
Minimum Venting Open Factor	dimensionless								
Indoor and Outdoor Temperature Difference Lower Limit	deltaC								
Indoor and Outdoor Temperature Difference Upper Limit	deltaC								
Indoor and Outdoor Enthalpy Difference Lower Limit For	deltaJ/kg								
Indoor and Outdoor Enthalpy Difference Upper Limit For	deltaJ/kg								
Venting Availability Schedule Name									
Single Sided Wind Pressure Coefficient Algorithm									
Facade Width	m								
Occupant Ventilation Control Name									

Fonte: Autoria própria

Figura 16 - Configuração da Classe *AirflowNetwork:Multizone:Surface*

0001 Version

0001 SimulationControl

0001 Building

0001 TimeStep

0001 SiteLocation

0001 RunPeriod

0001 SiteGroundTemperatureUndisturbedFiniteDifference

0001 SiteGroundDomainSlab

0005 ScheduleTypeLimits

0012 ScheduleCompact

0028 Material

0001 MaterialNoMass

0005 MaterialAirGap

0008 WindowMaterialGlazing

0001 WindowMaterialBlind

0014 Construction

0001 GlobalGeometryRules

0010 Zone

0002 ZoneList

0008 BuildingSurfaceDetailed

0034 FenestrationSurfaceDetailed

0001 WindowPropertyFrameAndDivider

0091 ShadingBuildingDetailed

0016 ShadingPropertyReflectance

0001 SurfacePropertyOtherSideConditionsModel

0002 People

0002 Lights

0001 ElectricEquipment

0001 AirflowNetworkSimulationControl

0010 AirflowNetworkMultiZoneZone

0034 AirflowNetworkMultiZoneSurface

0034 AirflowNetworkMultiZoneComponentDetailedOpening

0001 HVACTemplateThermostat

0005 HVACTemplateZoneIdealLoadsAirSystem

0001 OutputVariableDictionary

0001 OutputSurfacesDrawing

0001 OutputTableSummaryReports

0001 OutputControlTableStyle

0004 OutputVariable

Explanation of Object and Current Field

Object Description: This object specifies the properties of a surface linkage through which air flows.

Airflow Report: Node 1 as an inside face zone.

Node 2 as an outside face zone or external node.

Field Description: Enter the name of a heat transfer surface.

ID: A1

Select from list of objects

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8
Surface Name		E1ACB8	481741	65DA10	7B5A8F	86AE95	FB66D5	303592	34DC74
Leakage Component Name		abertura_porta Abir	abertura_porta Abir	abertura_porta Abir	abertura_janela 2F	abertura_janela 2F	abertura_janela 2F	abertura_porta Abir	abertura_porta Abir
External Node Name									
Window/Door Opening Factor, or Crack Factor	dimensionless	1	1	1	1	1	1	1	1
Ventilation Control Mode		No/Vent	No/Vent	No/Vent	No/Vent	No/Vent	No/Vent	No/Vent	No/Vent
Ventilation Control Zone Temperature Setpoint Schedule									
Minimum Venting Open Factor	dimensionless	0	0	0	0	0	0	0	0
Indoor and Outdoor Temperature Difference Lower Limit	deltaC								
Indoor and Outdoor Temperature Difference Upper Limit	deltaC								
Indoor and Outdoor Enthalpy Difference Lower Limit For	deltaH/kg								
Indoor and Outdoor Enthalpy Difference Upper Limit For	deltaH/kg								
Ventilation Availability Schedule Name									
Occupant Ventilation Control Name									
Equivalent Rectangle Method									
Equivalent Rectangle Aspect Ratio	dimensionless								

Fonte: Autoria própria

Para o MREF devem ser feitas mais duas alterações. A primeira ainda no *SketchUP* 2017, retirando os elementos de sombreamento da casa e a segunda no *IDF*, *Materials*, alterando as configurações padrões para o MREF, tomando cuidado de adicionar uma camada de isolamento exigida por norma, já que Recife faz parte da Zona Bioclimática 02 e Intervalo 08. Os dados de Zona Bioclimática e Intervalo podem ser obtidos através do labEEE (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações).

4 RESULTADOS

4.1 Análise dos Dados Simulados em Diferentes Cenários

Nesta etapa, os cenários a seguir foram testados tendo seus *IDF's* sofridos as devidas alterações. Eis os resultados das análises sem alterações de Cenários:

Tabela 1 – Análise final dos resultados antigamente (década de 90) para o nível de atendimento mínimo

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	Tomáx,UH			PHFT,UH			Status
		Critério	REF + Δto^*	REAL	Critério	REF $\times$ 0,9	REAL	
Térreo	Térreo	$TomáxUH,real \leq TomáxUH,REF + \Delta to^*$	35,7	34,2	$PHFTUH,real > 0,9 \cdot PHFTUH,REF$	44,3	49,0	M

Tabela 2 - Análise final dos resultados antigamente (década de 90) para o nível de atendimento intermediário

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	Tomáx,UH		PHFT,UH		Status
		$\Delta PHFT, mín$	$\Delta PHFT$	RedCgTT, mín	RedCgTT	
Térreo	Térreo	9,14	-0,3	0,0	-2,6	NA

Tabela 3 - Análise final dos resultados antigamente (década de 90) para o nível de atendimento superior

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	Tomáx,UH		PHFT,UH		Status
		$\Delta PHFT, mín$	$\Delta PHFT$	RedCgTT, mín	RedCgTT	
Térreo	Térreo	9,14	-0,3	40,0	-2,6	NA

Tabela 4 – Análise final dos resultados atualmente (2025) para o nível de atendimento mínimo

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	Tomáx,UH			PHFT,UH			Status
		Critério	REF + Δto^*	REAL	Critério	REF $\times$ 0,9	REAL	
Térreo	Térreo	$TomáxUH,real \leq TomáxUH,REF + \Delta to^*$	35,3	34,1	$PHFTUH,real > 0,9 \cdot PHFTUH,REF$	47,5	49,0	M

Tabela 5 - Análise final dos resultados atualmente (2025) para o nível de atendimento intermediário

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	Tomáx,UH		PHFT,UH		Status
		Δ PHFT,mín	Δ PHFT	RedCgTT,mín	RedCgTT	
Térreo	Térreo	8,49	-3,8	0,0	-12,7	NA

Tabela 6 - Análise final dos resultados atualmente (2025) para o nível de atendimento superior

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	Tomáx,UH		PHFT,UH		Status
		Δ PHFT,mín	Δ PHFT	RedCgTT,mín	RedCgTT	
Térreo	Térreo	8,49	-3,8	40,0	-12,7	NA

As análises foram feitas para o Pavimento de Referência, o térreo. A Unidade Habitacional não possui primeiro andar, ou seja, a análise foi feita apenas em seu térreo. A variável Tomáx,UH se refere à Temperatura Operativa Anual Máxima da Unidade Habitacional e deve ser atendida de acordo com o seu critério. Para os APP's que possuem telhados, um adicional de 2,0 deve ser acrescentado, e para os demais apenas de 1,0, e essas adições são caracterizadas pela variável Δ . Como esta casa possui telhado em todos os seus ambientes, o acréscimo foi de 2,0 para eles. O PHFT é o Percentual de Horas de Ocupação dentro de uma Faixa de Temperatura Operativa. Na coluna de Status, é designada a letra M (Mínimo) se forem atendidos os critérios de atendimento mínimo de $\text{Tomáx,UH REAL} < \text{Tomáx,UH REF} + \Delta t_o^*$ e $\text{PHFT, UH REAL} > \text{REF} \cdot 0,9$. Em relação aos níveis intermediários e superiores, devem aparecer I (Intermediário) e S (Superior), caso sejam atendidos os seus critérios, ou NA (Não Atendido), em caso de não terem seus critérios atendidos.

Para as análises de critérios intermediários e superiores existe a adição da Carga Térmica de Temperatura (CgTT). Na casa em questão, por estar localizada na cidade de Recife, não há necessidade de verificação da CgTT para o frio, somente para o quente.

4.1.1 Cenário 01 – Alteração na coloração das paredes nos APP's

Tanto antigamente (década de 90) como atualmente (2025), a casa possui padrões de tonalidade claras em seu interior. Alguns ambientes diferem da cor, porém permanecendo em tons claros. No APP Sala 01, as paredes se encontram na cor amarela, com tonalidade clara; no APP Sala 02, três das quatro paredes se encontram na cor branca e uma na cor cinza, com

tonalidade clara; no APP Quarto 01, as paredes se encontram na cor branca; no APP Quarto 02, as paredes se encontram na cor branca e no APP Suíte, as paredes se encontram na cor branca.

Para o Cenário 01, a proposta foi de deixar a casa inteira, internamente, na cor branca, considerando a absorvência de 20% ou 0,20 para esta cor, conforme Dornelles (2008). Os resultados foram os seguintes:

Tabela 7 - Análise final dos resultados do Cenário 01 para o nível de atendimento mínimo

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	Tomáx,UH			PHFT,UH			Status
		Critério	REF + Δto^*	REAL	Critério	REF $\times$ 0,9	REAL	
Térreo	Térreo	$TomáxUH,real \leq TomáxUH,REF + \Delta to^*$	35,3	33,9	$PHFTUH,real > 0,9 \cdot PHFTUH,REF$	47,5	49,9	M

Tabela 8 - Análise final dos resultados do Cenário 01 para o nível de atendimento intermediário

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	Tomáx,UH		PHFT,UH		Status
		$\Delta PHFT, mín$	$\Delta PHFT$	RedCgTT, mín	RedCgTT	
Térreo	Térreo	8,49	-2,9	0,0	-10,0	NA

Tabela 9 - Análise final dos resultados do Cenário 01 para o nível de atendimento superior

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	Tomáx,UH		PHFT,UH		Status
		$\Delta PHFT, mín$	$\Delta PHFT$	RedCgTT, mín	RedCgTT	
Térreo	Térreo	8,49	-2,9	40,0	-10,0	NA

4.1.2 Cenário 02 – Alteração na coloração das janelas dos APP's

No Cenário 02, a proposta foi alterar as janelas dos APP's, que são incolores, para janelas verdes. Eis os resultados:

Tabela 10 - Análise final dos resultados do Cenário 02 para o nível de atendimento mínimo

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	Tomáx,UH			PHFT,UH			Status
		Critério	REF + Δto^*	REAL	Critério	REF $\times$ 0,9	REAL	
Térreo	Térreo	$TomáxUH,real \leq TomáxUH,REF + \Delta to^*$	35,3	34,0	$PHFTUH,real > 0,9 \cdot PHFTUH,REF$	47,5	49,9	M

Tabela 11 - Análise final dos resultados do Cenário 02 para o nível de atendimento intermediário

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	Tomáx,UH		PHFT,UH		Status
		$\Delta PHFT, mín$	$\Delta PHFT$	RedCgTT, mín	RedCgTT	
Térreo	Térreo	8,49	-2,9	0,0	-10,5	NA

Tabela 12 - Análise final dos resultados do Cenário 02 para o nível de atendimento superior

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	Tomáx,UH		PHFT,UH		Status
		$\Delta PHFT, mín$	$\Delta PHFT$	RedCgTT, mín	RedCgTT	
Térreo	Térreo	8,49	-2,9	40,0	-10,5	NA

4.1.3 Cenário 03 – Alteração na coloração do telhado da casa

O Cenário 03 objetiva a pintura do telhado para a cor branca, reduzindo drasticamente sua absorvência. Eis os resultados:

Tabela 13 - Análise final dos resultados do Cenário 03 para o nível de atendimento mínimo

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	Tomáx,UH			PHFT,UH			Status
		Critério	REF + Δto^*	REAL	Critério	REF $\times$ 0,9	REAL	
Térreo	Térreo	$TomáxUH,real \leq TomáxUH,REF + \Delta to^*$	35,3	31,9	$PHFTUH,real > 0,9 \cdot PHFTUH,REF$	47,5	73,5	M

Tabela 14 - Análise final dos resultados do Cenário 03 para o nível de atendimento intermediário

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	Tomáx,UH		PHFT,UH		Status
		Δ PHFT,mín	Δ PHFT	RedCgTT,mín	RedCgTT	
Térreo	Térreo	8,49	20,7	0,0	49,2	I

Tabela 15 - Análise final dos resultados do Cenário 03 para o nível de atendimento superior

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	Tomáx,UH		PHFT,UH		Status
		Δ PHFT,mín	Δ PHFT	RedCgTT,mín	RedCgTT	
Térreo	Térreo	8,49	20,7	40,0	49,2	S

4.1.4 Cenário 04 – Alteração no sombreamento da casa com adição de toldos

O Cenário 04 tem como finalidade a criação de sombreamentos através da adição de toldos de 0,5m de comprimento na fachada frontal da casa, onde impacta diretamente nos APP's Sala de Estar e Sala. Eis os resultados:

Tabela 16 - Análise final dos resultados do Cenário 03 para o nível de atendimento mínimo

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	Tomáx,UH			PHFT,UH			Status
		Critério	REF + Δ to*	REAL	Critério	REF $\times$ 0,9	REAL	
Térreo	Térreo	$\text{TomáxUH,real} \leq \text{TomáxUH,REF} + \Delta\text{to}^*$	35,3	33,6	$\text{PHFTUH,real} > 0,9 \cdot \text{PHFTUH,REF}$	47,5	50,6	M

Tabela 17 - Análise final dos resultados do Cenário 03 para o nível de atendimento intermediário

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	Tomáx,UH		PHFT,UH		Status
		Δ PHFT,mín	Δ PHFT	RedCgTT,mín	RedCgTT	
Térreo	Térreo	8,49	-2,3	0,0	-7,7	NA

Tabela 18 - Análise final dos resultados do Cenário 03 para o nível de atendimento superior

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	Tomáx,UH		PHFT,UH		Status
		Δ PHFT,mín	Δ PHFT	RedCgTT,mín	RedCgTT	
Térreo	Térreo	8,49	-2,3	40,0	-7,7	NA

4.2 Comparação dos Resultados

Para uma melhor visualização dos resultados, foi criado um quadro comparativo, representado pela Figura 17, entre os resultados. Este quadro retrata os diferentes resultados de Temperatura máxima e PHFT para os modelos de referência (MREF) e real (MREAL) para cada cenário analisado, assim como para a casa antigamente (década de 90) e ela hoje em dia, sem a adoção dos cenários sugeridos. Eis o quadro abaixo:

Figura 17 – Quadro comparativo dos resultados

Pavimento	Unidade	Tomáx,UH			PHFT,UH			Status									MREF				MREAL																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
		Crítério	EF + ΔU	REAL	Crítério	REF x 0	REAL		REF + Δto omáx,UH	PHFT,UH	omáx,UH	PHFT,UH	UEF x 0	REAL	REF + Δto omáx,UH	PHFT,UH	omáx,UH	PHFT,UH	UEF x 0	REAL																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Térreo	Térreo	Tomáx,UH, eal ≤ TomáxUH,	35,7	34,2	PHFT,UH, eal > 0,9-PHFTU H,REF	44,3	49,0	M	Antigamente	1,50	35,65	33,65	49,23	34,15	48,97	44,30	4,66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							</

Fonte: Autoria própria

4.3 Resultados dos Modelos Reais

Abaixo estão os resultados do MREAL de cada Cenário, assim como antigamente (década de 90) e atualmente (2025), detalhados por ambiente.

Figura 18 – Resultados do MREAL antigamente (década de 90)

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	APP	Zoneamento Bioclimático 08						CgTR,APP	CgTT,UH
			Tomáx,APP	Tomáx,UH	Nhft	Nhocup	PHFT,APP	PHFT,UH		
Térreo	Térreo	Sala/Estar	33,0	34,2	672,0	2920	23,0	49,0	6778,531	12051,51
		Sala	34,2		401,0	2920	13,7		2796,892	
		Quarto 01	31,0		2488,0	3650	68,2		748,8654	
		Quarto 02	30,9		2472,0	3650	67,7		819,459	
		Suíte	30,9		2635,0	3650	72,2		907,7631	

Figura 19 – Resultados do MREAL atualmente (2025)

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	APP	Zoneamento Bioclimático 08						CgTR,APP	CgTT,UH
			Tomáx,APP	Tomáx,UH	Nhft	Nhocup	PHFT,APP	PHFT,UH		
Térreo	Térreo	Sala/Estar	33,0	34,1	707,0	2920	24,2	49,0	6667,46	11939,13
		Sala	34,1		418,0	2920	14,3		2754,465	
		Quarto 01	31,0		2480,0	3650	67,9		752,502	
		Quarto 02	30,9		2467,0	3650	67,6		821,747	
		Suíte	30,9		2593,0	3650	71,0		942,9568	

Figura 20 – Resultados do MREAL para o Cenário 01

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	APP	Zoneamento Bioclimático 08						CgTR,APP	CgTT,UH
			Tomáx,APP	Tomáx,UH	Nhft	Nhocup	PHFT,APP	PHFT,UH		
Térreo	Térreo	Sala/Estar	32,9	33,9	727,0	2920	24,9	49,9	6527,006	11650,35
		Sala	33,9		450,0	2920	15,4		2694,637	
		Quarto 01	31,0		2515,0	3650	68,9		726,1218	
		Quarto 02	30,9		2489,0	3650	68,2		801,331	
		Suíte	30,8		2636,0	3650	72,2		901,2514	

Figura 21 – Resultados do MREAL para o Cenário 02

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	APP	Zoneamento Bioclimático 08						CgTR,APP	CgTT,UH
			Tomáx,APP	Tomáx,UH	Nhft	Nhocup	PHFT,APP	PHFT,UH		
Térreo	Térreo	Sala/Estar	32,9	34,0	721,0	2920	24,7	49,9	6572,407	11701,15
		Sala	34,0		442,0	2920	15,1		2709,011	
		Quarto 01	31,0		2522,0	3650	69,1		721,2011	
		Quarto 02	30,8		2496,0	3650	68,4		795,2778	
		Suíte	30,8		2636,0	3650	72,2		903,2555	

Figura 22 – Resultados do MREAL para o Cenário 03

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	APP	Zoneamento Bioclimático 08						CgTR,APP	CgTT,UH
			Tomáx,APP	Tomáx,UH	Nhft	Nhocup	PHFT,APP	PHFT,UH		
Térreo	Térreo	Sala/Estar	30,8	31,9	1444,0	2920	49,5	73,5	3280,939	5386,172
		Sala	31,9		1108,0	2920	37,9		1646,64	
		Quarto 01	29,2		3401,0	3650	93,2		133,6284	
		Quarto 02	29,2		3393,0	3650	93,0		146,3232	
		Suíte	29,2		3433,0	3650	94,1		178,6414	

Figura 23 – Resultados do MREAL para o Cenário 04

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	APP	Zoneamento Bioclimático 08						CgTR,APP	CgTT,UH
			Tomáx,APP	Tomáx,UH	Nhft	Nhocup	PHFT,APP	PHFT,UH		
Térreo	Térreo	Sala/Estar	32,8	33,6	735,0	2920	25,2	50,6	6441,373	11413,55
		Sala	33,6		458,0	2920	15,7		2621,964	
		Quarto 01	30,9		2549,0	3650	69,8		699,8291	
		Quarto 02	30,8		2526,0	3650	69,2		769,324	
		Suíte	30,8		2660,0	3650	72,9		881,0618	

4.4 Resultados dos Modelos de Referência

Abaixo estão os resultados do MREF de cada Cenário, tanto antigamente (década de 90) como atualmente (2025), detalhados por ambiente.

Figura 24 – Resultados do MREF antigamente (década de 90)

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	APP	Zoneamento Bioclimático 08						CgTR,APP	CgTT,UH
			Tomáx,APP	Tomáx,UH	Nhft	Nhocup	PHFT,APP	PHFT,UH		
Térreo	Térreo	Sala/Estar	31,8	33,3	1046,0	2920	35,8	52,8	5366,517	10593,92
		Sala	33,3		701,0	2920	24,0		2552,91	
		Quarto 01	30,4		2434,0	3650	66,7		798,207	
		Quarto 02	30,3		2481,0	3650	68,0		846,9998	
		Suíte	30,4		2540,0	3650	69,6		1029,29	

Figura 25 – Resultados do MREF atualmente (2025)

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	APP	Zoneamento Bioclimático 08						CgTR,APP	CgTT,UH
			Tomáx,APP	Tomáx,UH	Nhft	Nhocup	PHFT,APP	PHFT,UH		
Térreo	Térreo	Sala/Estar	31,8	33,3	1046,0	2920	35,8	52,8	5366,517	10593,92
		Sala	33,3		701,0	2920	24,0		2552,91	
		Quarto 01	30,4		2434,0	3650	66,7		798,207	
		Quarto 02	30,3		2481,0	3650	68,0		846,9998	
		Suíte	30,4		2540,0	3650	69,6		1029,29	

Figura 26 – Resultados do MREF para o Cenário 01

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	APP	Zoneamento Bioclimático 08						CgTR,APP	CgTT,UH
			Tomáx,APP	Tomáx,UH	Nhft	Nhocup	PHFT,APP	PHFT,UH		
Térreo	Térreo	Sala/Estar	31,8	33,3	1046,0	2920	35,8	52,8	5366,517	10593,92
		Sala	33,3		701,0	2920	24,0		2552,91	
		Quarto 01	30,4		2434,0	3650	66,7		798,207	
		Quarto 02	30,3		2481,0	3650	68,0		846,9998	
		Suíte	30,4		2540,0	3650	69,6		1029,29	

Figura 27 – Resultados do MREF para o Cenário 02

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	APP	Zoneamento Bioclimático 08						CgTR,APP	CgTT,UH
			Tomáx,APP	Tomáx,UH	Nhft	Nhocup	PHFT,APP	PHFT,UH		
Térreo	Térreo	Sala/Estar	31,8	33,3	1046,0	2920	35,8	52,8	5366,517	10593,92
		Sala	33,3		701,0	2920	24,0		2552,91	
		Quarto 01	30,4		2434,0	3650	66,7		798,207	
		Quarto 02	30,3		2481,0	3650	68,0		846,9998	
		Suíte	30,4		2540,0	3650	69,6		1029,29	

Figura 28 – Resultados do MREF para o Cenário 03

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	APP	Zoneamento Bioclimático 08						CgTR,APP	CgTT,UH
			Tomáx,APP	Tomáx,UH	Nhft	Nhocup	PHFT,APP	PHFT,UH		
Térreo	Térreo	Sala/Estar	31,8	33,3	1046,0	2920	35,8	52,8	5366,517	10593,92
		Sala	33,3		701,0	2920	24,0		2552,91	
		Quarto 01	30,4		2434,0	3650	66,7		798,207	
		Quarto 02	30,3		2481,0	3650	68,0		846,9998	
		Suíte	30,4		2540,0	3650	69,6		1029,29	

Figura 29 – Resultados do MREF para o Cenário 04

Pavimento de Referência	Unidade Habitacional	APP	Zoneamento Bioclimático 08						CgTR,APP	CgTT,UH
			Tomáx,APP	Tomáx,UH	Nhft	Nhocup	PHFT,APP	PHFT,UH		
Térreo	Térreo	Sala/Estar	31,8	33,3	1046,0	2920	35,8	52,8	5366,517	10593,92
		Sala	33,3		701,0	2920	24,0		2552,91	
		Quarto 01	30,4		2434,0	3650	66,7		798,207	
		Quarto 02	30,3		2481,0	3650	68,0		846,9998	
		Suíte	30,4		2540,0	3650	69,6		1029,29	

5 CONCLUSÕES

É perceptível que o melhor rendimento das análises se dá no Cenário 03, onde há uma melhora, a ponto de passar nos níveis de atendimento intermediário e superior. O Cenário 04 aparece como uma segunda opção boa, visto que tem os melhores valores em contraste com os Cenários 01 e 02. Em terceiro lugar, o Cenário 01 faz-se mais eficiente que o Cenário 02, que ficaria como o menos eficiente, porém como uma possibilidade viável. Tais resultados podem ser comparados, analisando a última coluna da Figura 17. Quanto maior seu valor, melhor será o resultado, visto que um maior valor numérico nesta coluna significa um melhor rendimento térmico do MREAL perante o seu MREF.

É importante reafirmar que o intuito deste trabalho é funcional. Portanto, a melhor opção seria a combinação de todos os cenários apresentados. Entretanto, é compreensível que uma mudança dessa magnitude possa vir a fazer com que a casa estudada perca sua identidade visual própria; logo, optou-se pela entrega dos resultados dos cenários de maneira individual, mostrando a ordem de melhoria no desempenho térmico de cada um.

A limitação deste projeto se deu em conseguir as plantas do entorno com medidas corretas. Entretanto, foi considerada a observação e medições em escalas para o melhor alinhamento possível para os efeitos de sombreamento na residência. Dados como plantas da casa analisada e dados sobre variáveis da cidade de Recife foram coletados através da proprietária e do INMET.

O presente trabalho servirá de base para projetos futuros em outras edificações com situações semelhantes, que desejarem melhorar o rendimento em seus desempenhos térmicos e não possuírem muitas opções para tal. Servirá, também, de exemplo para fins comparativos da percepção humana em relação a conforto térmico. A apresentação deste trabalho ajudará estudantes, profissionais e interessados a entenderem a importância de se fazer um estudo do desempenho térmico em edificações, levando em consideração coloração da fachada, materiais construtivos, elementos de sombreamentos, localização geográfica, aprimoramentos em softwares de modelagem, assim como planilhas eletrônicas.

6 REFERÊNCIAS

1. EVANS, Sharon; REPASKY, Elizabeth; FISHER, Daniel - Fever and the thermal regulation of immunity: the immune system feels the heat, 2015. Disponível em <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4786079/>.
2. LAN, Charles; PAN, Haonan; NIE, Weixiao; LI, Xiaohui - Effects of perceived environmental quality and psychological status on outdoor thermal comfort: a panel study in Southern China, 2024. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/381524875_Effects_of_perceived_environmental_quality_and_psychological_status_on_outdoor_thermal_comfort_a_panel_study_in_Southern_China.
3. NIU, Jiaqi; XIONG, Jiangpeng; QIN, Hongqiao; ZHANG, Kai; YAN, Jie; YE, Lin; HAN, Guifeng - Thermal Comfort Influences Positive Emotions but Not Negative Emotions When Visiting Green Spaces during Summer. Disponível em <https://www.mdpi.com/1999-4907/14/8/1512>.
4. DATA, Climate - Temperaturas e precipitações médias e clima em Recife. Disponível em <https://pt.climate-data.org/americas-do-sul/brasil/peernambuco/recife-5069/>.
5. GOTTLIEBE, Michael - Heat engines; the first law. Disponível em https://www.feynmanlectures.caltech.edu/I_44.html.
6. DORNELLES, K. A. Absortância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA. Orientador: Dr. Maurício Roriz. 2008. 160 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
7. BARBOSA, M. M.; SCHLICHTING, I.; BRACHT, M.; LOESER, B.; MARINOSKI, D. L.; GUTHS, S. Revestimentos Cerâmicos de Fachada: Análise e Caracterização de Propriedades Térmicas e Ópticas. In: XVII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e XIII Encontro Latino-Americano, 2023, São Paulo, SP. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2023.
8. DORNELLES, K. A. Biblioteca de Absortância de Telhas. 1. ed. São Paulo, 2021.
9. FEYNMAN, Richard P.; LEIGHTON, Robert B.; SANDS, Matthew. The Feynman Lectures on Physics, Volume I: Mainly Mechanics, Radiation, and Heat. 1. ed. Reading, MA: Addison-Wesley, 1963. Cap. 44: The Laws of Thermodynamics. Disponível em: https://www.feynmanlectures.caltech.edu/I_44.html. Acesso em: 16 abr. 2025.

10. MAXWELL, James Clerk. *Theory of Heat*. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.
11. RAYLEIGH, Lord. LIX. On convection currents in a horizontal layer of fluid, when the higher temperature is on the under side. *Philosophical Magazine, Series 6*, v. 32, n. 192, p. 529–546, 1916.
12. PLANCK, Max. *The Theory of Heat Radiation*. Tradução de Morton Masius. Philadelphia: P. Blakiston's Son & Co., [1914]. Disponível em: <https://archive.org/details/theoryofheatradi00planrich>. Acesso em: 16 abr. 2025.
13. NATIONAL ENVIRONMENTAL HEALTH ASSOCIATION. *Journal of Environmental Health*, v. 78, n. 10, jun. 2016. Disponível em: <https://neha.org/Images/resources/78.10-JEH-June-2016-Issue.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2025.
14. VON NEUMANN, John; MORGENSTERN, Oskar. *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton: Princeton University Press, 1944. Disponível em: https://archive.org/details/theoryofgameseco0000john_y7n2. Acesso em: 16 abr. 2025.
15. KORPELA, K. M. et al. Environmental strategies of affect regulation and their associations with subjective well-being. *Frontiers in Psychology*, v. 9, 2018. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2018.00562/full>. Acesso em: 16 abr. 2025.
16. BUILDING AND ENVIRONMENT. *Building and Environment*. Elsevier, 1965–. ISSN 0360-1323. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/building-and-environment/issues>. Acesso em: 16 abr. 2025.
17. AUTORIA SCIMAGO INSTITUTIONS RANKINGS. Absortâncias e emitâncias efetivas de superfícies: um método para estimá-las, um modelo experimental e exemplos de suas importâncias. *Ambiente Construído*, v. 12, n. 2, p. 7–20, jun. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/JDrkfk8JfT59X4jCTQqJkG/>. Acesso em: 16 abr. 2025.
18. MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de; BAPTISTA, Gustavo Macedo de Mello (Orgs.). *Reflectância dos materiais terrestres: análise e interpretação*. São Paulo: Oficina de Textos, 2019. ISBN 978-85-7975-301-5. Disponível em: https://www.ofitexto.com.br/reflectancia-dos-materiais-terrestres/p?srsltid=AfmBOoqVnDRNQiyceZMjY_hC4cYIxYHOWDJcAxZYLbjmRg2WpL68S5rp&. Acesso em: 16 abr. 2025.

19. SILVA, M. A. da; SOUZA, L. C. de; PEREIRA, R. M. A reflexão coletiva na formação de professores: uma experiência no curso de Licenciatura em Química da UFVJM. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 23, e24328, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/BRSqrFR8fGw8z7LgNJwDSQn/>. Acesso em: 16 abr. 2025.

7 APÊNDICES

Abaixo segue tabelas de absorções retiradas dos artigos de Dornelles e Barbosa et al.

Tabela 19 – Tabela de Absorções para textura

N°	Nome	Cor	α_{TOT} (%)
75	Preto		98,0
29	Preto		97,7
22	Cinza		89,7
9	Concreto		79,1
69	Concreto		75,3
53	Concreto		75,1
23	Cinza BR		71,2
11	Jade		60,3

Fonte: Dornelles (2008), Tabela 6.31: Absorção solar das amostras de cor preta e cinza, com diferentes tonalidades

Tabela 20 – Tabela de Absorções para textura

N°	Nome	Cor	α_{TOT} (%)
21	Branco Gelo		48,9
7	Branco Gelo		46,4
40	Branco Gelo		39,9
51	Branco Gelo		37,5
66	Branco Gelo		33,3

N°	Nome	Cor	α_{TOT} (%)
38	Bianco Sereno		31,3
6	Branco		28,2
65	Branco Neve		27,2
50	Branco Neve		19,4
39	Branco		18,7

Fonte: Dornelles (2008), Tabela 6.32: Absorção solar das amostras de cor branca, com diferentes tonalidades

Tabela 21 – Tabela de Absortâncias para textura

N°	Nome	Cor	α_{TOT} (%)	N°	Nome	Cor	α_{TOT} (%)
16	Tabaco		78,6	10	Flamingo		53,0
24	Crepúsculo		71,0	25	Flamingo		52,7
60	Telha		70,6	3	Areia		52,2
31	Terracota		69,1	15	Pêssego		50,5
17	Terracota		65,0	42	Flamingo		49,0
30	Telha		63,5	47	Pêssego		44,1
33	Vermelho		62,6	70	Flamingo		43,3
68	Cerâmica		62,5	59	Pêssego		41,1
8	Camurça		61,8	36	Areia		41,1
78	Vermelho Cardinal		61,2	43	Laranja		38,6
52	Camurça		60,7	63	Areia		38,3
67	Camurça		54,4	74	Pêssego		31,7

Fonte: Dornelles (2008), Tabela 6.34: Absortância solar das amostras de cor vermelho e marrom, com diferentes tonalidades

Tabela 22 – Tabela de Absortâncias para textura

N°	Nome	Cor	α_{TOT} (%)	N°	Nome	Cor	α_{TOT} (%)
19	Amarelo Terra		70,7	44	Marfim		34,6
2	Amarelo Terra		65,1	57	Palha		34,2
35	Amarelo Terra		61,3	54	Marfim		32,4
1	Amarelo Antigo		56,1	46	Pérola		32,0
55	Marrocos		55,5	72	Palha		31,8
18	Amarelo Antigo		55,2	34	Amarelo Canário		31,1
27	Palha		51,3	76	Vanila		31,1
28	Pérola		45,9	45	Palha		31,0
56	Mel		45,9	58	Pérola		28,8
13	Palha		45,6	71	Marfim		28,4
26	Marfim		43,4	73	Pérola		28,3
12	Marfim		43,0	61	Vanila		28,1
14	Pérola		41,6	62	Amarelo Canário		26,7

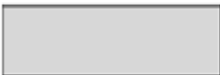
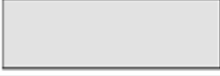
Fonte: Dornelles (2008), Tabela 6.35: Absortância solar das amostras de cor amarela, com diferentes tonalidades

Tabela 23 – Tabela de Absortâncias para textura

N°	Nome	Cor	α_{TOT} (%)	N°	Nome	Cor	α_{TOT} (%)
20	Azul		77,1	77	Verde Musgo		78,7
5	Azul Imperial		74,2	48	Alecrim		68,4
64	Azul Profundo		72,9	32	Verde Quadra		65,2
4	Azul		66,8	41	Erva Doce		26,4
49	Azul Bali		49,7				
37	Azul Angra		35,2				

Fonte: Dornelles (2008), Tabela 6.33: Absortância solar das amostras de cor azul e verde, com diferentes tonalidades

Quadro 1 – Quadro de absorções para revestimentos cerâmicos

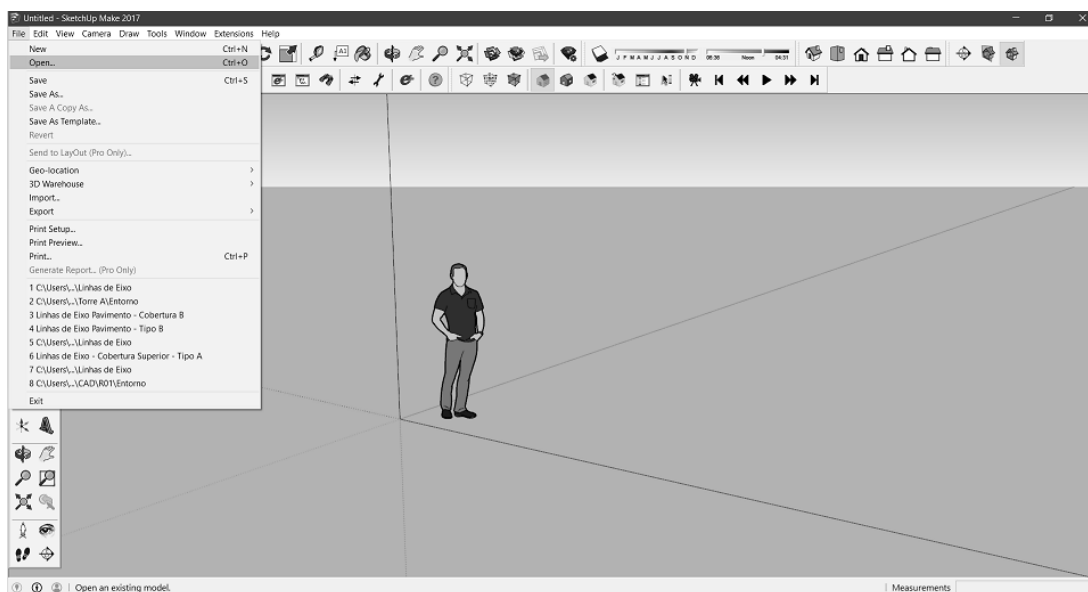
Amostra N°	Nome adotado	Tonalidade	Refletância Solar	Absortância solar	Refletância visível	Absortância visível
01	Branco		0,718	0,282	0,758	0,242
02	Creme		0,660	0,340	0,652	0,348
03	Laranja		0,473	0,527	0,346	0,654
04	Verde Claro		0,340	0,660	0,289	0,711
05	Verde Escuro		0,192	0,808	0,076	0,924
06	Preto		0,123	0,877	0,053	0,947
07	Cinza Escuro		0,212	0,788	0,105	0,895
08	Cinza Claro		0,309	0,691	0,196	0,804
09	Branco Gelo		0,653	0,347	0,708	0,292
10	Ciano		0,463	0,537	0,379	0,621
11	Lilás		0,530	0,470	0,416	0,584
12	Verde Bebê		0,500	0,500	0,459	0,541
13	Verde musgo		0,280	0,720	0,113	0,887

Fonte: Barbosa et al. (2023), Quadro 4: Refletância e absorção solar e visível das amostras avaliadas

8 ANEXOS

Abaixo encontra-se um passo a passo, assim como algumas dicas e observações, para a utilização do *software SketchUP*.

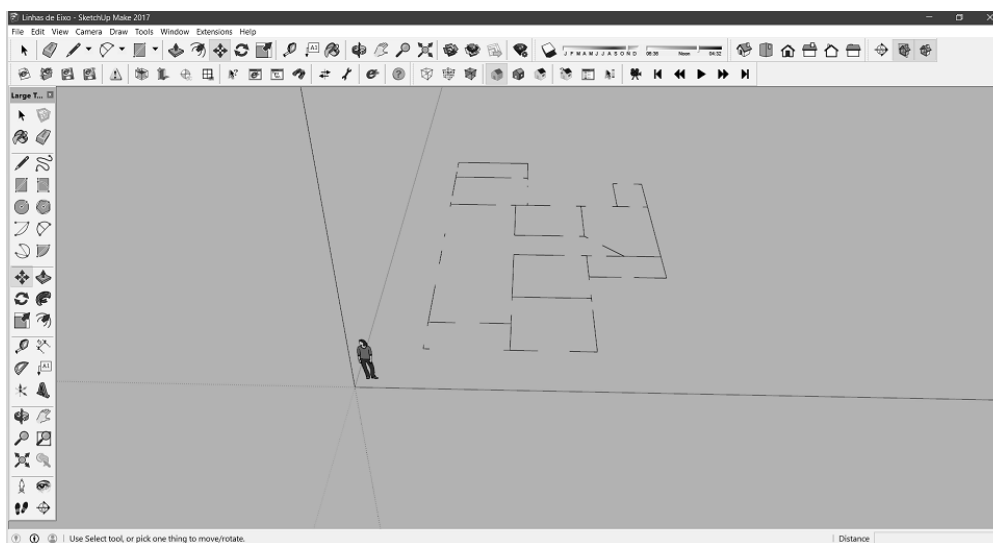
Imagem 4 – Passo 01: Abrir o arquivo através do comando *Open*



Fonte: Autoria própria

Inicialmente, o arquivo da Linha de Eixo é aberto através do comando *Open*, como mostrado na imagem 4.

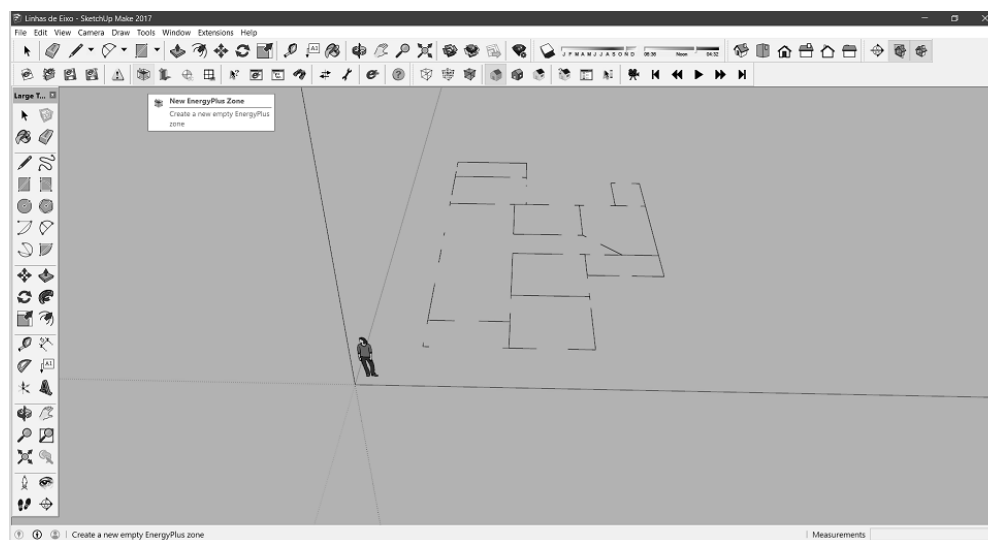
Imagem 5 – imagem da Linha de Eixo já aberta no *software*



Fonte: Autoria Própria

A visualização da Linha de Eixo no *SketchUP* deve se parecer como na imagem 5.

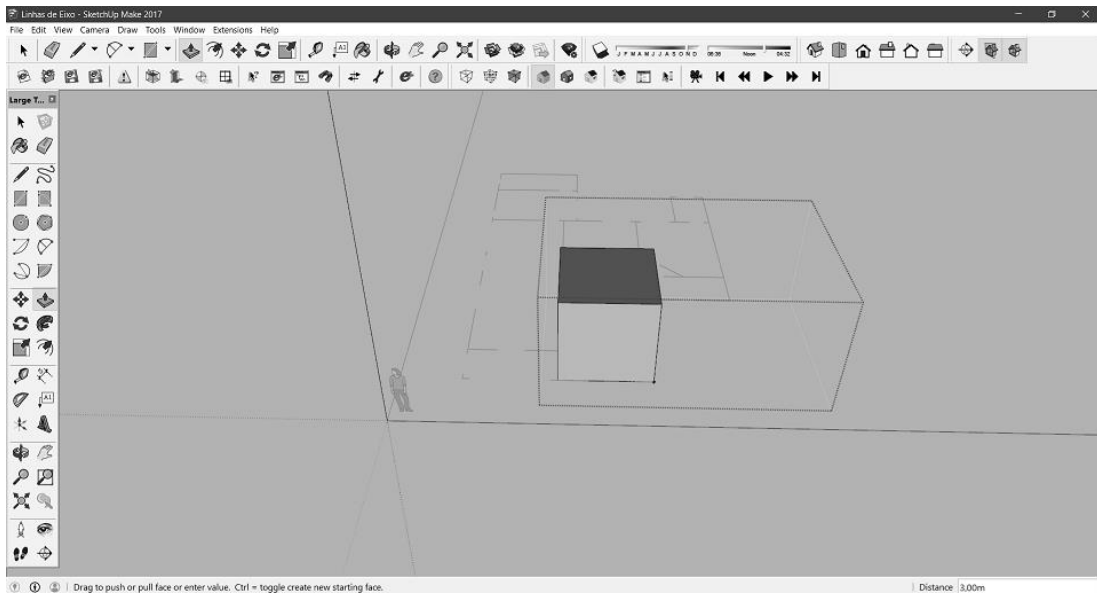
Imagem 6 – Passo 02: Criação de Zonas através do comando *New EnergyPlus Zone*



Fonte: Autoria própria

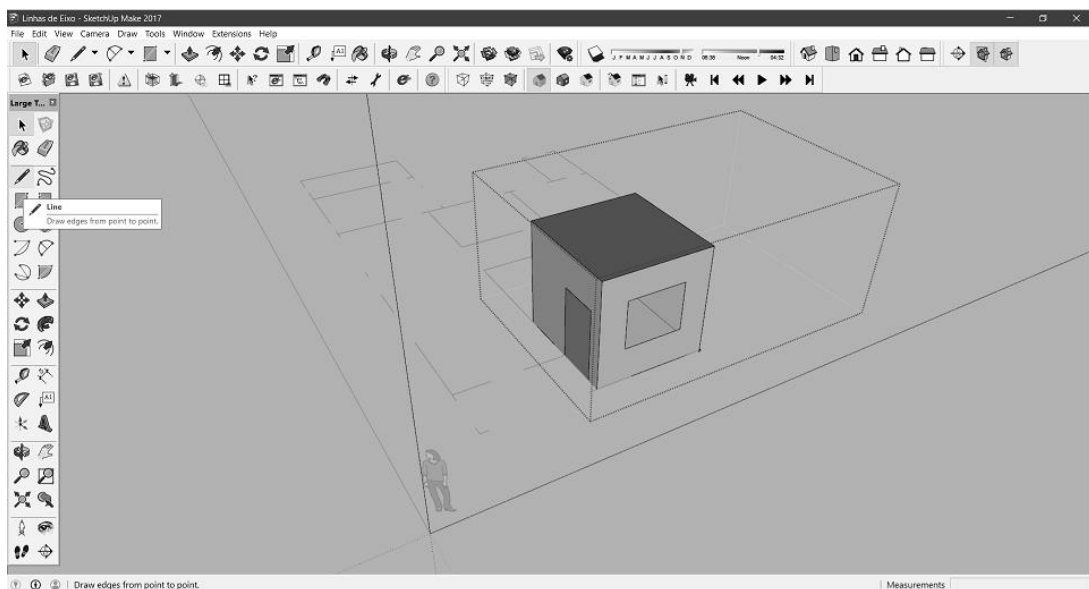
As Zonas (loais onde serão construídos os ambientes) são criadas através do comando *New EnergyPlus Zone*, como mostrado na imagem 6.

Imagem 7 – Primeira Zona criada



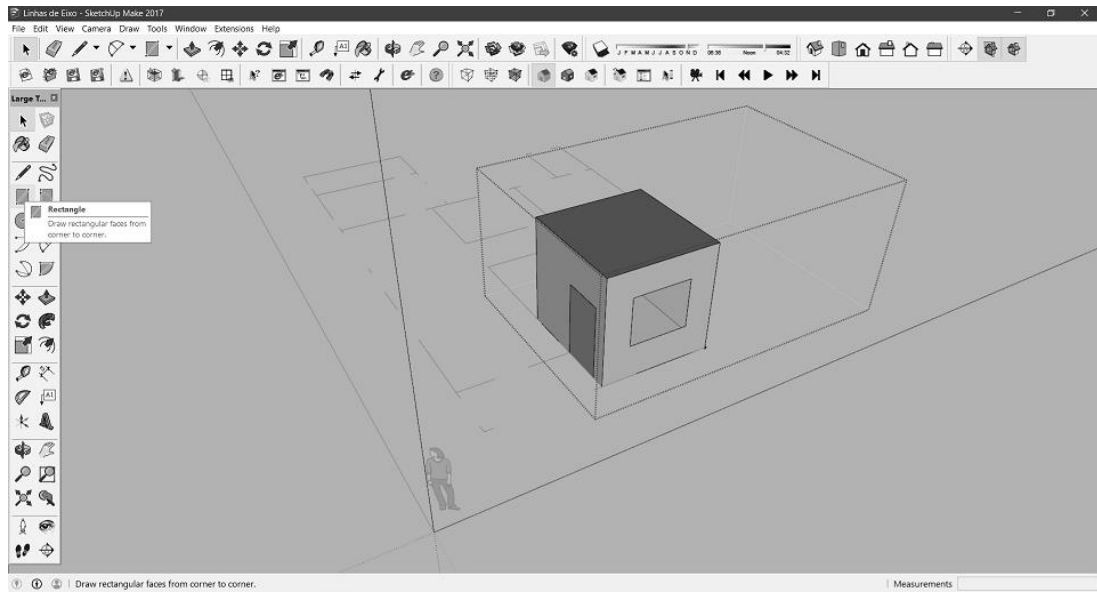
Fonte: Autoria própria

As Zonas devem ser parecidas, como a Zona indicada na imagem 7.

Imagem 8 – Passo 03: Criação das portas através do uso do comando *Line* e *Rectangle*

Fonte: Autoria própria

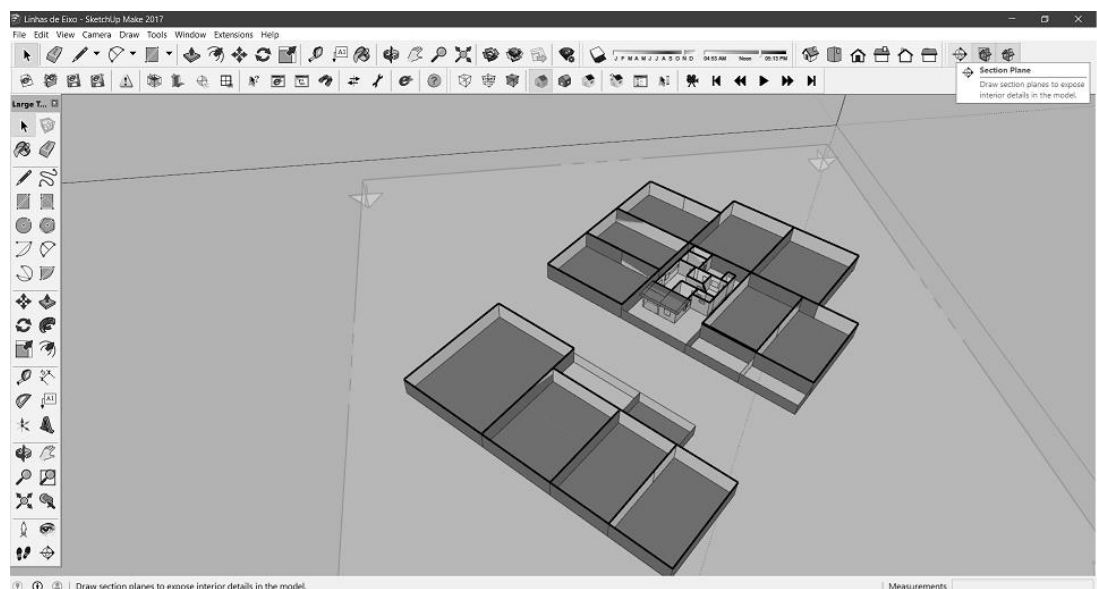
Imagem 9 – Passo 04: Criação das janelas através do uso do comando *Line* e *Rectangle*



Fonte: Autoria própria

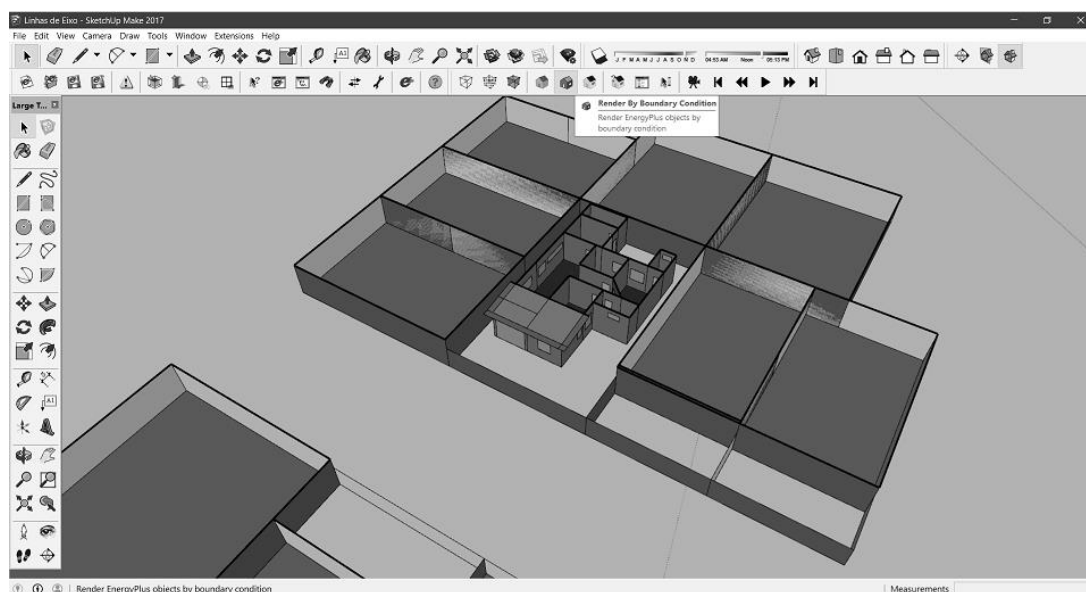
As portas e janelas devem ser feitas utilizando os comandos *Line* e *Rectangle*, indicados nas imagens 8 e 9.

Imagem 10 – Observação: Uso do comando *Section Plane*



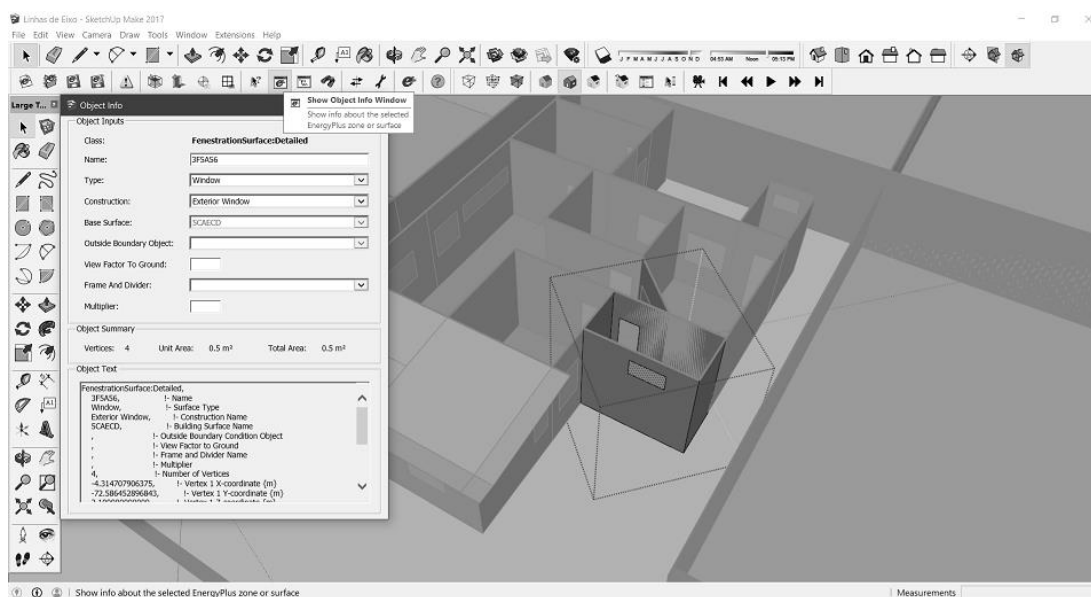
Fonte: Autoria própria

Pode-se verificar os cortes na modelagem através do comando *Section Plane*, conforme imagem 10.

Imagem 11 – Dica: Uso do comando *Render By Boundary Condition*

Fonte: Autoria própria

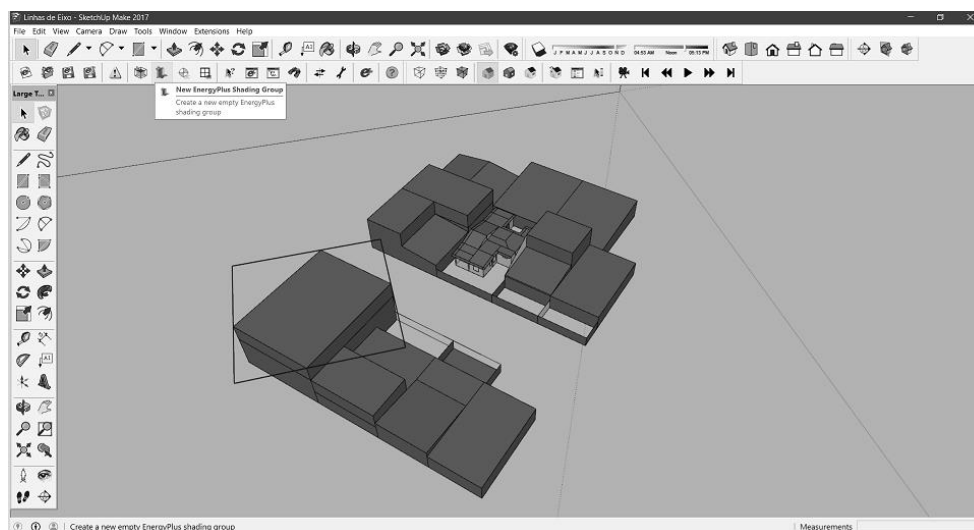
O comando *Render By Boundary Condition*, ilustrado na imagem 11, nos mostra a modelagem no modo renderização, onde pode-se observar os elementos nas cores verdes e azuis. Verde para objetos que estão configurados como *Surface*, ou seja, aqueles objetos que possuem uma superfície de contato; enquanto que os objetos em azul, mostram os *Outdoors*, ou seja, objetos que estão exposto ao lado externo.

Imagem 12 – Dica: Uso do comando *Show Object Info Window*

Fonte: Autoria própria

Como dica principal, o comando *Show Object Info Window* caracteriza a zona, superfície, porta ou janela, mostrando as principais informações acerca delas, como seu código, suas coordenadas, seu tipo, construção, superfície de contato, área, etc. É bastante útil na hora de analisar algum erro, ou conferir de uma maneira rápida através das cores. Pois, em caso de duas superfícies que não estejam conectadas uma com a outra, de maneira correta, o programa mostra uma distorção na cor, conforme se movimenta. Este comando também abre a possibilidade de alterar os atributos mencionados, por exemplo: Na imagem 12, a janela selecionada, dentro da zona selecionada, nos fornece a informação de que seu *Construction* é uma *Exterior Window*. Esta *Exterior Window* está configurada no *IDF*, com as propriedades nelas inseridas. A partir deste ponto, as propriedades podem ser alteradas no *IDF*, alterando automaticamente, na modelagem, ou pode adicionar um novo Objeto na Lista Construction do *IDF*, que poderá ser alterada manualmente no comando *Show Object Info Window*.

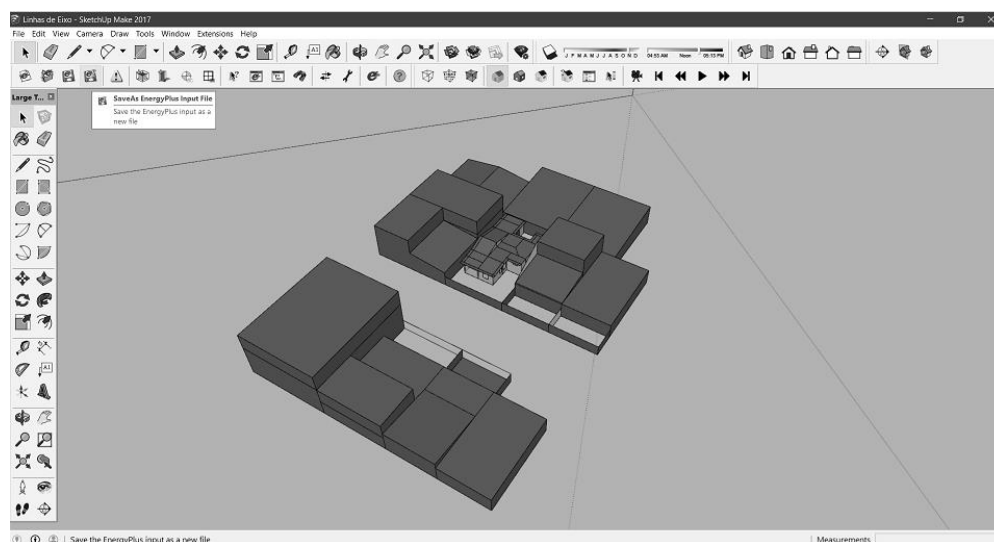
Imagem 13 – Passo 05: Uso do comando *New EnergyPlus Shading Group*



Fonte: Autoria própria

O entorno da edificação é caracterizado por elementos na cor roxa, na imagem 13, onde são criados através do comando *New EnergyPlus Shading Group*, e segue o mesmo procedimento de modelagem das criações das zonas, conforme imagem 6.

Imagem 14 – Passo 06: Uso do comando *SaveAs EnergyPlus Input File*



Fonte: Autoria Própria

Por fim, o comando *SaveAs EnergyPlus Input File*, conforme mostrado na imagem 14, servirá para salvar o projeto.