



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO**

DAYANE TERTO DE VASCONCELOS

**ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA A UMA EDIFICAÇÃO
HISTÓRICA – PALACETE BOLONHA EM BELÉM/PA.**

BELÉM – PA

2023

DAYANE TERTO DE VASCONCELOS

**ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA A UMA EDIFICAÇÃO
HISTÓRICA – PALACETE BOLONHA EM BELEM/PA.**

Projeto de pesquisa de Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Pará como exigência para a obtenção do título de bacharel em arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Elna Maria Andersen Trindade.

Coorientador: Msc. Arqt. Filipe Menezes de Vasconcelos.

BELEM – PA

2023

AGRADECIMENTOS

Gostaria de iniciar agradecendo a minha orientadora Prof^a. Dr^a. Elna Trindade, por aceitar me orientar mesmo estando ciente do quão complicado poderia ser realizar o que apresentei como proposta de temática para o desenvolvimento do TCC.

Agradeço de coração ao meu coorientador e amigo, Msc. Arqt. Filipe Menezes, por também ter aceitado me orientar apesar das dificuldades e das poucas referencias disponíveis, não teria conseguido realizar este estudo sem sua orientação e supervisão.

Meu mais sincero “obrigada”, a toda equipe do Museu-Casa Francisco Bolonha, principalmente a Prof^a. Dr^a. Rosa Arraes, pela colaboração e gentileza presente em todos os contatos que tivemos. E um agradecimento especial a Ana Clara Mathias, por ser sempre tão solícita e atenciosa, sanando minhas dúvidas infindáveis sobre o Palacete Bolonha e seu funcionamento e por sempre se dispor a me guiar nas visitas que fiz ao museu, muito obrigada.

Ao meu namorado, obrigada por me fazer companhia, especialmente naqueles dias em precisei ficar acordada até tarde para conseguir entregar meu TCC no prazo.

Mãe, obrigada por tudo.

RESUMO

A eficiência energética e as edificações históricas ainda são duas temáticas pouco abordadas de forma conjunta, isto porque a eficiência energética aplicada a edificações históricas ainda é uma área de pesquisa pouco explorada e que pode oferecer uma gama de novos estudos e possibilidades para esse tipo de edificação. Considerando o pequeno número de estudos realizados até o momento com a temática da eficiência energética em edificações públicas e sua aplicação em edificações históricas, tanto a nível nacional quanto regional, este Trabalho de Conclusão de Curso é desenvolvido abordando a importância da conservação patrimonial, com foco na preservação do patrimônio edificado, assim como a importância da eficiência energética. Este trabalho se desenvolve adotando como objeto de estudo o Palacete Bolonha, dentre outros motivos, o Palacete foi escolhido dada sua riqueza arquitetônica e a importância dessa edificação histórica para a cidade de Belém-PA. O presente trabalho analisa a edificação conforme os critérios avaliativos para o método da simulação presentes na INI-C de 2022. Logo, utiliza para o desenvolvimento da simulação e análise dos resultados os programas OpenStudio, como um plugin do SketchUp juntamente com o programa Energyplus. O estudo de classificação do nível de desempenho energético do Palacete Bolonha considera seu layout atual enquanto museu-casa para o estabelecimento dos limites dos parâmetros avaliados.

Palavras-chave: Palacete Bolonha, INI-C, envoltória, modelagem, simulação, OpenStudio, Energyplus.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	6
2. A CONSERVAÇÃO PATRIMONIAL E A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	8
2.1. PATRIMÔNIO CULTURAL.....	8
2.1.1 PATRIMÔNIO MATERIAL EDIFICADO	9
2.2. PALACETE BOLONHA	10
2.2.1. USO ATUAL DO PALACETE	13
2.3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	17
2.3.1. CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS.....	18
2.3.2. ETIQUETAGEM DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES - PBE EDIFICA	22
2.3.3. INI-C	24
3. MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO PALACETE BOLONHA.	26
3.1. EDIFICAÇÃO ESTUDADA.....	26
3.2. MODELAGEM DA EDIFICAÇÃO NO PROGRAMA OPENSTUDIO	28
3.3. SIMULAÇÃO DO DIAGNÓSTICO NO PROGRAMA ENERGYPLUS	36
4. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO	36
5. ANÁLISES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA SIMULAÇÃO.	37
6. PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO.	40
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

INTRODUÇÃO

As edificações históricas estão incorporadas na definição de patrimônio cultural como patrimônio material edificado e contribuem de forma singular com a história do local na qual estão inseridas compondo narrativas que remontam e explicam às realizações de uma determinada população, seus costumes, cultura, influências, organização social e até mesmo economia vigente durante o processo construtivo da edificação (IPHAN, 2022).

Assegurada e incentivada por lei à preservação e por incontáveis vezes a reintegração ao uso da população das edificações históricas é o que parcialmente garante preservação e continuidade da identidade cultural de muitos lugares ao redor do mundo.

É difícil visualizar a cidade de Belém sem a sua herança arquitetônica dos últimos séculos que transmitem uma parte importante da história da cidade. Dentre estas edificações históricas do final do século XIX e início do século XX está o Palacete Bolonha, antiga residência do engenheiro Francisco Bolonha.

A escolha do Palacete Bolonha se deu por conta da importância da edificação para a capital paraense sendo uma das edificações históricas mais conhecidas pela população e considerando a riqueza arquitetônica única, presente no palacete que o diferencia das demais edificações construídas no mesmo período. A restauração recente pela qual o palacete passou também contribuiu para o interesse em estudar a edificação, principalmente tendo em conta as possíveis mudanças de uso que possam ter ocorrido após a reforma e como tais podem impactar no consumo energético de uma edificação.

Na arquitetura a eficiência energética é entendida como o potencial de uma edificação em possibilitar conforto térmico, conforto acústico e visual aos usuários com um baixo consumo de energia. A preocupação para que haja a redução desse consumo de energia vem sendo parte da realidade mundial nas últimas décadas e se difundiu ainda mais com a realização da ECO-92, Conferência das Nações Unidas ocorrida no Rio de Janeiro em junho de 1992 cujo enfoque era o Meio Ambiente e Desenvolvimento (SOUZA, 2017).

Ainda durante a década de 1990 surgem algumas das certificações ambientais que permitem avaliar o desempenho energético de edificações, como o sistema de certificação norte-americana LEED e o BREEAM do Reino Unido. Na

década de 2000 é desenvolvida a adaptação da certificação francesa HQE no Brasil como Selo AQUA e também é elaborada a certificação nacional PBE Edifica (SOUZA, 2017).

Mesmo com a crescente utilização da eficiência energética em edificações quando trata de aplicações em edificações históricas, à realidade encontrada é a de escassez de estudos desenvolvidos na área, provavelmente por conta das restrições de alterações que podem ser executadas em edificações a serem preservadas.

Porém a partir do momento em que se propõe a reintegração e o uso ativo de edificações históricas, a aplicação de medidas e avaliações de eficiência energética deve ser considerada como forma de melhorar o conforto dos novos usuários e também como forma de avaliar e estudar a arquitetura de edificações históricas e principalmente, deve ser entendida como uma medida de preservação. A prática também é sustentável da perspectiva de que tornar edificações históricas eficientes contribui para a redução de possíveis resíduos da construção civil que seriam gerados com a construção de novas edificações.

Desse modo, esse trabalho tem por objetivo principal investigar a eficiência energética de um edifício histórico, Palacete Bolonha, considerado para estudo seu uso atual como museu casa, utilizando o método de análise do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica), abrangendo não só os ambientes de exposição do museu como todos os demais ambientes que integram a edificação independente do uso enquanto setor administrativo ou de pesquisa, por exemplo. Tendo também, como objetivos específicos, a otimização do seu uso enquanto museu e a elaboração de soluções que não interfiram em sua função atual.

A realização desta pesquisa é importante dada à escassez de trabalhos disponíveis aplicando a eficiência energética em edificações históricas e considerando este trabalho também como uma medida de incentivo da preservação patrimonial.

Tratando dos métodos utilizados para desenvolvimentos deste estudo, inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica tendo por propósito embasar o levantamento histórico do patrimônio material edificado e a teoria da eficiência energética assim como a história do Palacete Bolonha, suas características quanto aos materiais e técnicas construtivas, por meio de outras pesquisas, publicações e documentos relacionados ao tema.

De modo simultâneo a realização das pesquisas foi realizada a coletas de dados da edificação na forma de visitas *in loco* e levantamentos fotográficos para que respectivamente, houvesse uma familiarização com a edificação e o registro adequado dos materiais, revestimentos utilizados, da mesma forma como o registro das características construtivas encontradas em cada ambiente assim como a integração ocorrida entre eles, que sejam importantes para o desenvolvimento do estudo.

Findada a etapa de coleta de dados é iniciada a modelagem da edificação, utilizando o programa OpenStudio como plugin do SketchUp , que inclui o preparo e a limpeza das pranchas arquitetônicas, das plantas baixas, plantas de cobertura, fachadas e cortes, permitindo a representação mais exata das zonas térmicas da edificação e as trocas térmicas que realizam com o meio interno ou externo, ou os dois simultaneamente. Também durante o processo de modelagem 3D da edificação que são cadastradas as informações referentes às características construtivas de cada ambiente que corresponde a uma zona térmica.

Com a conclusão da modelagem é gerado um arquivo no formato idf, importado para o programa EnergyPlus. A etapa corresponde ao processamento dos dados da edificação, e resultaram nas informações analisadas para determinar a classificação de desempenho do imóvel em seu estado e uso atual. Embasando as propostas de intervenções que melhorem o desempenho térmico e energético da edificação.

2. A CONSERVAÇÃO PATRIMONIAL E A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

2.1. PATRIMÔNIO CULTURAL

O Art. 216 da Constituição Federal de 1988 estabelece como patrimônio cultural brasileiro os bens de natureza material e imaterial, ampliando o conceito de patrimônio que até então era definido pelo Decreto-lei nº 25, de novembro de 1937, em que se entendia como patrimônio histórico e artístico nacional o conjunto de bens, sendo eles móveis ou imóveis, existentes no país cuja conservação de tais bens fosse de interesse público, dado o valor arqueológico, etnográfico, bibliográfico ou artístico (BRASIL, 1988).

Dessa forma o conceito de patrimônio cultural passa a contemplar, além dos bens já citados, as formas de expressão; os modos de criar, fazer e viver; as criações científicas, artísticas e tecnológicas; as obras, objetos, documentos,

edificações e demais espaços que são destinados às manifestações artístico-culturais; além dos conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico (BRASIL, 1988).

O Art 216 da Constituição Federal de 1988 mais do que amplia a definição de patrimônio, também reconhece a importância da promoção assim como a preservação do patrimônio cultural brasileiro, estabelecendo incentivos para a produção de conhecimento de bens como uma forma de assegurar o desenvolvimento humano, social e econômico. Ademais determina que os Estados, Distrito Federal e os Municípios organizem seus sistemas de cultura em leis próprias (BRASIL, 1988).

Um ponto importante para que haja a preservação patrimonial é a memória, individual ou coletiva a memória principalmente quando atrelada a arquitetura desempenha o papel de reproduzir as experiências construídas por uma sociedade, possibilitando a visão de mundo, as influências, cultura, economia entre outros fatores presentes no momento da construção do patrimônio edificado, ajudando a contar parte história de toda uma sociedade (SOUSA, 2022).

Mas a preservação do patrimônio cultural é importante não apenas pelo registro histórico que apresentam em sua maioria, mas também é importante do ponto de vista social uma vez que a cultura e todos os elementos que a compõem são responsáveis pela formação dos costumes e hábitos que formam as diferentes identidades de todas as pessoas e povos ao redor do mundo. Preservar é uma maneira de garantir a sobrevivência dessa identidade cultural e assegurar que haja qualquer tipo de evolução (PORFÍRIO,2022).

2.1.1 PATRIMÔNIO MATERIAL EDIFICADO

Conforme a definição utilizada pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), o patrimônio material é constituído por um conjunto de bens que são classificados de acordo com sua natureza. Por sua vez os bens materiais podem ser subdivididos em bens imóveis, como no caso de cidades históricas, sítios arqueológicos e paisagísticos e bens individuais, entendendo que as edificações estão inclusas em bens imóveis; e bens móveis que correspondem a coleções arqueológicas, acervos museológicos, documentais, bibliográficos, arquivísticos, videográficos, fotográficos e cinematográficos (IPHAN, 2022).

O patrimônio material edificado pode ser definido como um bem cultural cuja produção é realizada por um determinado povo, nação ou civilização, logo, este patrimônio pode ser explicado como sendo um resultado da produção humana, que contribui para a melhor representação de seu passado (CHIAROTTI, 2005).

Embora adequada, a conceituação de patrimônio edificado não abrange a importância e a necessidade do uso para a que este tipo específico de patrimônio perdure ao longo dos anos. A longevidade da maioria dos edifícios históricos existentes se deve ao seu uso contínuo, ainda que, frequentemente este uso seja acompanhado de intervenções na arquitetura existente. À vista disso, o que conhecemos das edificações históricas em uso seria o resultado dessas alterações realizadas em função da nova ocupação atribuída à construção (LYRA, 2016).

2.2. PALACETE BOLONHA

Para o desenvolvimento do projeto a edificação histórica escolhida foi o Palacete Bolonha, localizado na Av. Gov. José Malcher, nº 295, no bairro de Nazaré em Belém - PA, dada sua importância cultural para a cidade. Tombado no ano de 1982 pelo Departamento de Patrimônio Histórico Artístico e Cultural do Pará a edificação integra a área do entorno do Centro Histórico de Belém conforme o estabelecido na Lei nº 7.709, de 18 de maio de 1994.

Segundo Lobato; Arruda; Ramos (2005) durante o “Ciclo da Borracha”, ocorrido do final do século XIX a meados do século XX, na Amazônia os mais diversos integrantes da alta sociedade paraense estabeleceram residência na cidade em construções particulares que foram denominadas de palacete, algumas destas edificações serviram como palco para tomada de decisões a respeito do futuro político e econômico não só do Município como do Estado.

Rico em detalhes o Palacete Bolonha é um exemplar importante do ecletismo em Belém com uma rica ornamentação em art nouveau. A construção expõe a influência europeia na obra de Francisco Bolonha e sua inteligência ao elaborar um projeto com uma excelente estratégia de ventilação como uma forma de amenizar o clima quente da cidade (LOBATO; ARRUDA, RAMOS, 2005).

A construção do Palacete Bolonha foi realizada na primeira década do século XX e finalizada no ano de 1905, na então estrada de São Jerônimo, 145, que corresponde hoje a Av. Governador José Malcher, nº 295, na esquina com a rua Dr. Moraes. A localização estratégica no eixo principal da Dr. Moraes garante a

visibilidade do Palacete de todas as esquinas do cruzamento causando certo impacto por sua imponência, a localização também privilegiava a vida social de seus moradores, visto que o palacete se encontra a poucas quadras de distância do Theatro da Paz (LOBATO; ARRUDA; RAMOS, 2005).

De acordo com relato de familiares, presentes na obra referenciada acima, o Palacete foi construído como uma promessa e testemunho do amor de Francisco Bolonha, idealizador do projeto, por sua esposa Alice Tem Brink Bolonha, uma vez que ela se recusava a deixar a capital do Brasil para vir residir em Belém do Pará, desse modo a construção do Palacete Bolonha foi uma forma de atrair sua esposa para a cidade (LOBATO; ARRUDA; RAMOS, 2005).

Figura 01 - Palacete Bolonha.



Fonte: Celso Roberto de Abreu Silva, 2008.

A inteligência e a harmonia que nortearam o projeto do Palacete Bolonha são evidentes até na estratégia de ventilação adotada que busca amenizar o calor típico de uma região amazônica. Aproveitando as correntes de ar vindas da rua Dr. Moraes e José Malcher, permitindo sua entrada no Palacete por meio das esquadrias e sua circulação vertical por meio das escadas presentes na edificação (LOBATO; ARRUDA; RAMOS, 2005).

Sendo um dos edifícios mais altos da época, conforme exibido na Figura 01, contando com cinco pavimentos, dispendo até mesmo de um mirante para visualização da cidade, o Palacete Bolonha é um importante exemplo do estilo arquitetônico eclético na cidade de Belém. A influência europeia presente na

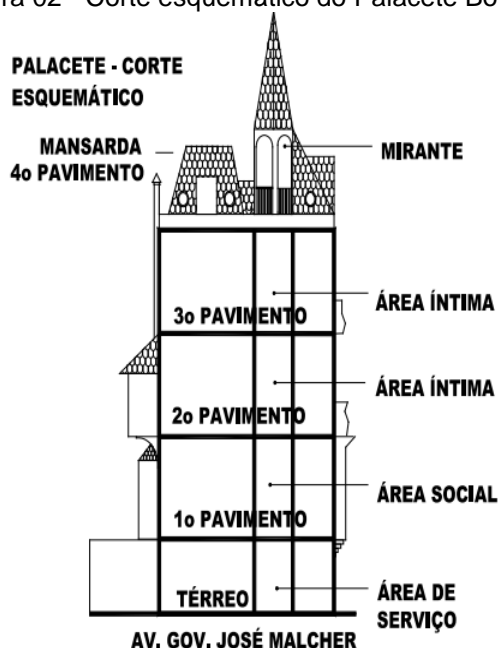
arquitetura belenense deste mesmo período, final do século XIX ao início do século XX, se deve em grande parte a formação de uma mentalidade repleta de temas e culturas da Europa, principalmente da França e da Inglaterra (LOBATO; ARRUDA; RAMOS, 2005).

O Palacete Bolonha também se destaca pelo refinamento presente em sua fachada com elementos decorativos no estilo barroco, rococó e principalmente no estilo art nouveau, evidenciando as técnicas utilizadas e estilos que foram influência das exposições industriais que vinham sendo apresentadas na Europa durante a segunda metade do século XIX (LOBATO; ARRUDA; RAMOS, 2005).

Os excessivos elementos decorativos encontrados nas fachadas da edificação poderiam ser vistos como mero exagero se não fosse a harmonia presente no uso de tais elementos o que permite tratar o Palacete como o exemplo mais interessante dentre os palacetes da “era da borracha” (IPATRIMONIO, 2022).

Como o programa de necessidades da edificação se mostrou muito extenso para o lote as funções sociais do Palacete foram solucionadas na forma de pavimentos. O térreo era destinado às áreas de serviço e dependência dos empregados, o primeiro pavimento era voltado para a função social da construção correspondendo à área mais prestigiada da edificação dispendo de uma decoração interna sofisticada. O segundo e o terceiro pavimento correspondiam aos ambientes íntimos destinados à família. O último pavimento é uma mansarda que funcionava como depósito e também como mirante (LOBATO; ARRUDA; RAMOS, 2005).

Figura 02 - Corte esquemático do Palacete Bolonha.



Fonte: LOBATO; ARRUDA; RAMOS, 2005.

2.2.1. USO ATUAL DO PALACETE

A cidade de Belém do Pará dispõe de três órgãos responsáveis pela preservação patrimonial, o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), o Departamento de Patrimônio Histórico, Artístico e Cultural (DPHAC) que atua em nível estadual e a Fundação Cultural do Município de Belém (FUMBEL, 2022).

Inserido no complexo do Memorial dos Povos o Palacete Bolonha, atualmente pertence a Prefeitura Municipal de Belém, estando sob a tutela da FUMBEL desde 2020, órgão responsável pela administração e manutenção do palacete, assim como pela disseminação da arte, cultura, esporte e do patrimônio histórico na cidade de Belém. O edifício funciona como museu casa aberto ao público para visitas que são realizadas em dois dos cinco pavimentos da edificação (FUMBEL, 2022).

Para melhor compreensão do uso atual da edificação é necessário explicar a diferença entre os termos casa-museu e museu-casa. O compromisso de uma casa-museu pode variar, porém, dela se espera a preservação do edifício, dos bens culturais e, sobretudo que na casa se mantenha viva a memória do homenageado, possibilitando ao visitante fazer uma visita a uma parte da intimidade da pessoa em questão (AFONSO; SERRES, 2016).

Já um museu-casa, que corresponde ao uso do Palacete, trata-se de uma edificação que embora transformada em museu pode ou não dispor do mobiliário original, acervos entre outros elementos, visto que como museu-casa entende-se uma casa histórica que passou por um processo de musealização da peça mais importante de seu acervo que se trata da própria edificação. No caso do Palacete Bolonha o museu busca contar um pouco da história, importância e contribuições de Francisco Bolonha que podem ser vivenciados através da visita a edificação onde este residia (CAYER; SCHEINER, 2021).

O térreo atualmente funciona como um setor administrativo da Casa Museu Francisco Bolonha. O pavimento recebeu a adição de um pequeno auditório utilizado para a realização de eventos, palestras e demais atividades da instituição.

O primeiro funciona como parte da casa museu mantendo os ambientes que existiam no programa de necessidades original da edificação como: a sala de estar que por conta de sua qualidade acústica é onde são realizados recitais no Palacete, o hall de entrada, a sala de almoço onde permanece parte da mobília original do

palacete, a sala de música e as escadas para circulação vertical, atualmente também dispõe de um elevador que foi anexo a edificação. Nas Figuras 03, 04 e 05 são apresentadas algumas imagens atuais do Palacete e da setorização ocorrida no primeiro pavimento do palacete.

Figura 03 - Guia do Museu Casa Francisco Bolonha 1º pavimento.



Fonte: Ana Clara Mathias, 2022.

Figura 04 - Sala de música.



Fonte: Autora, 2022.

Figura 05 - Sala de almoço.



Fonte: Autora, 2022.

O segundo pavimento, apresentado nas Figuras 06, 07 e 08, também está disponível para a visita, da mesma forma como o primeiro, possui os ambientes originais preservados como o corredor que atualmente funciona como uma pequena galeria, a sala de vestir que tem a capacidade de receber exposições, a sala de costura, a sala de roupeiros masculino, renomeada como sala Francisco Bolonha. Há ainda a exposição permanente dos azulejos localizada no hall das escadas, a exposição conta com amostras de azulejos de casarões históricos de Belém.

Figura 06 - Guia do Museu Casa Francisco Bolonha 2º pavimento.



Fonte: Ana Clara Mathias , 2022.

Figura 07 - Sala de banho.



Fonte: Autora, 2022.

Figura 08 - Sala de banho e exposição dos azulejos, respectivamente.



Fonte: Autora, 2022.

O terceiro pavimento que, assim como o segundo, era destinado à vida íntima da família ainda não tem um uso atual definido, existem apenas projetos para que este andar seja destinado para a realização das atividades administrativas da Casa Museu em conjunto com atividades de pesquisas.

2.3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Abordando a temática da eficiência energética é possível iniciar pelo conceito clássico de Vitruvius, em que a arquitetura é definida pelos conceitos três de *firmitas*, *utilitas* e *venustas*, o que inclui a eficiência energética visto que, *firmitas* corresponde à estrutura que mantém a integridade da edificação, quando consideradas desde a etapa construtiva soluções estruturais tem a capacidade de auxiliar na redução do consumo energético (LAMBERTS;DUTRA; PEREIRA, 2014).

Na definição de Lamberts; Dutra; Pereira (2014), *utilitas* equivale à função da arquitetura que por sua vez inclui os conceitos de conforto sejam eles térmico, acústico ou visual que são pontos de partida para a aplicação da eficiência energética na edificação. O último conceito, *venustas* está relacionado à beleza que abrange uma arquitetura na qual seus elementos, equipamentos e funções estão relacionados à eficiência energética como características essenciais da forma e função do espaço.

O tema da economia de energia elétrica em edifícios vem sendo debatido ao longo das últimas décadas, acompanhado de campanhas de conscientização sobre o desperdício de energia juntamente com o desenvolvimento de produtos elétricos que cada vez mais apresentam um baixo consumo e uma eficiência energética maior. Como parte de um de seus programas de conscientização, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) lançou o Selo de Eficiência Energética, representado na Figura 09, que pode ser utilizado pelos consumidores como um critério de escolha no ato da compra dos equipamentos. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Figura 09 - Selo do PROCEL.

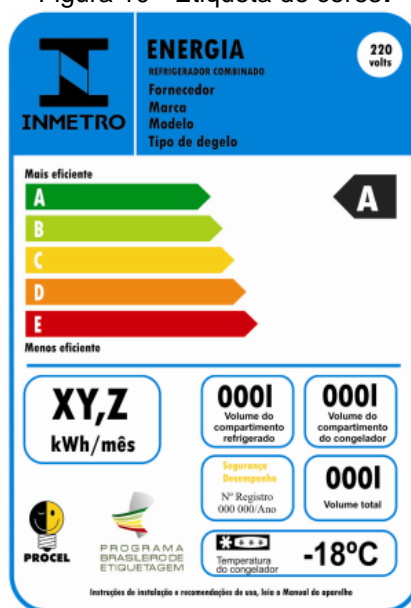


Fonte: PROCEL, 2022 .

Além deste, no Brasil, há ainda outro modo de indicar a eficiência energética de um produto elétrico por meio da Etiqueta de cores elaborada pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem do INMETRO em colaboração com o PROCEL. A etiqueta classifica os equipamentos em uma escala de “A” a “E”, sendo o “A” o mais eficiente e o “E” o menos eficiente, conforme a Figura 10.

Somados às medidas citadas a eficiência energética da arquitetura deve passar por uma análise, visto que cada decisão arquitetônica tomada no projeto terá impactos diretos e indiretos no consumo de equipamentos elétricos. Desse modo, um bom projeto pode ser obtido com base no conhecimento das variáveis e dos conceitos referentes à eficiência energética e ao conforto ambiental e com base nas análises que o arquiteto pode fazer das alternativas projetuais em todas as etapas do processo (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Figura 10 - Etiqueta de cores.



Fonte: lei-brasil, 2019.

2.3.1. CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS

A carência e o uso exagerado dos recursos naturais disponíveis evidenciou ao mundo a necessidade da criação de novos modelos de consumo. Levando, a partir da década de 1970, ao surgimento de regulamentos energéticos voltados para o setor de edifícios, assim como, políticas de incentivos e ações governamentais tendo como objetivo a promoção de práticas de eficiência energética e estimular o uso de fontes alternativas de energia (SOUZA, 2017).

As discussões iniciadas em meados de 1970 serviram como período embrionário para o então prematuro conceito de sustentabilidade e de preservação

ambiental marcado pela realização da Conferência de Estocolmo no ano de 1972. Na década de 1980 iniciam-se os debates tratando da possibilidade de avaliações ambientais de construções (LIMA; RIOS, 2019).

Na década de 1990 com a realização da ECO-92, Conferência das Nações Unidas com foco no Meio Ambiente e Desenvolvimento acontecida em junho de 1992, os conceitos de sustentabilidade foram mais divulgados e tiveram suas definições ampliadas, incluindo assuntos como a energia, água, extração de matéria-prima, resíduos (sólidos ou líquidos), assim como poluição atmosférica, saúde entre outros assuntos. Essa ampliação conceitual deve ser destacada uma vez que as certificações ambientais tratam dos temas: local, energia, água, materiais e qualidade ambiental (SOUZA, 2017).

De acordo com Souza (2017), certas certificações ambientais alcançaram uma rápida disseminação mundial, por exemplo, o LEED que é a certificação norte americana. A francesa HQE, adaptada para a realidade brasileira como Selo AQUA. Ainda na década de 1990 o Reino Unido desenvolveu o BREEAM, o primeiro sistema de certificação ambiental para edifícios (SOUZA, 2017).

Tendo sido a primeira certificação ambiental para edifícios, elaborada pela *Building Research Establishment* (BRE) a certificação BREEAM - Building Research Establishment Environmental Assessment Method serviu como base para o desenvolvimento de outras certificações mundialmente conhecidas como o LEED e tem por objetivo avaliar o grau de sustentabilidade ambiental de construções (DAGOSTIM; JORGE, 2022).

A certificação BREEAM permite a avaliação de qualquer tipologia de edifícios, podendo ser empregada para construções ou reformas de edificações de uso público, comercial e residencial, com possibilidade de aplicação em loteamentos e bairros (SOUZA, 2017; DAGOSTIM; JORGE, 2022).

A certificação tem como um de seus principais diferenciais a possibilidade de adaptação aos mais variados locais ao redor do mundo levando em conta a legislação local de onde está sendo aplicada. A obtenção desta certificação no Reino Unido concede a edificação benefícios fiscais, assegura a qualidade de vida dos usuários e a redução dos custos com manutenção e infraestrutura (SOUZA, 2017; DAGOSTIM; JORGE, 2022).

Os critérios avaliativos são:

- Gestão da construção;

- Consumo de energia;
- Consumo de água;
- Poluição;
- Materiais;
- Saúde e bem-estar;
- Transporte;
- Desperdícios;
- Uso da terra;
- Inovação.

Idealizado em 1993 pela United States Green Building Council (USGBC) nos Estados Unidos, o LEED - *Leadership in Energy & Environmental Design*, por ser a certificação comercial mais divulgada e aplicada mundialmente está presente em mais de 160 países, incluindo o Brasil, representado pelo GBC Brasil, desde 2007 (SOUZA, 2017; LIMA; RIOS, 2019).

Um dos motivos ao qual se pode atribuir à popularidade do LEED é a versatilidade de sua avaliação que permite a análise de diversas tipologias de edifícios. Como a aplicação para avaliação em empreendimentos e bairros sustentáveis. Por conta da abrangência do programa a avaliação considera do desenvolvimento sustentável ao bem-estar dos usuários (SOUZA, 2017; LIMA; RIOS, 2019).

O LEED avalia certos fatores do projeto que são denominados de categorias sendo elas:

- Localização e Transporte;
- Terrenos Sustentáveis;
- Eficiência da Água;
- Energia e Atmosfera;
- Materiais e Recursos;
- Qualidade do Ambiente Interno;
- Inovação em Design;
- Prioridades Regionais.

Cada uma delas possui pré-requisitos a serem cumpridos no projeto e créditos que atribuem uma determinada pontuação ao projeto que varia de 40 a 110 pontos. A pontuação final obtida determina o nível de certificação, alcançado pelo

projeto que pode ser *Certified, Silver, Gold ou Platinum* conforme exemplificado na Figura 11 (SOUZA, 2017; LIMA; RIOS, 2019).

Figura 11 - Níveis de certificação LEED.



Fonte: Sustentarqui, 2022.

Originado no Brasil em 2007 pela Fundação Vanzolini em uma parceria com o instituto francês *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* (CSTB), e desenvolvido pelos professores da Escola Politécnica da USP, o selo AQUA – Alta Qualidade Ambiental, como citado anteriormente é uma adaptação da metodologia francesa HQE - *Haute Qualité Environnementale*, do órgão *Certivéa* (SOUZA, 2017). O AQUA tem dois pilares centrais em sua certificação: o SGE, Sistema de Gestão do Empreendimento e o QAE, Qualidade Ambiental do Edifício (LIMA; RIOS, 2019).

O SGE corresponde a gestão dos serviços logísticos e dos processos operacionais que são realizados durante as etapas do projeto. O QAE corresponde a análise dos critérios tanto construtivos quanto ambientais que são traçados pelo perfil do empreendimento avaliado (LIMA; RIOS, 2019).

O AQUA estabelece quatorze critérios de análise que estão divididos em quatro categorias e a avaliação considera a gestão ambiental das obras e as características técnicas e arquitetônicas. Os critérios avaliam desde a relação da edificação com o seu entorno a qualidade sanitária dos ambientes, do ar e da água (SOUZA, 2017).

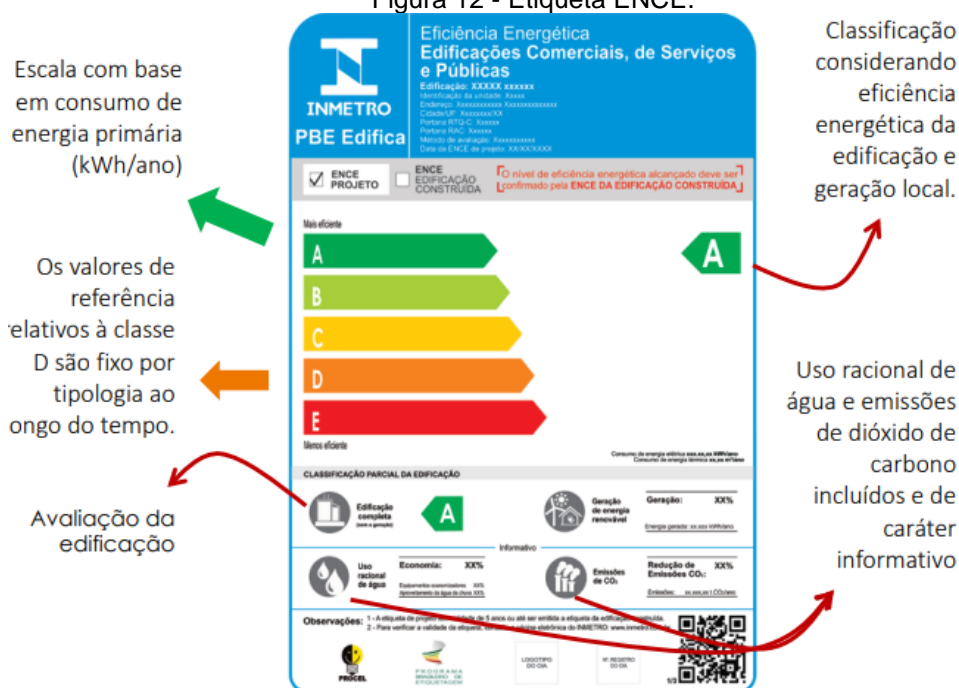
A popularização do selo AQUA se deve a possibilidade de certificação por etapas do empreendimento (LIMA; RIOS, 2019). Para as certificações são realizadas três auditorias ao longo do projeto e da obra, a primeira é realizada na fase do programa, a segunda corresponde à fase de concepção do projeto; a terceira etapa refere-se à fase de realização do projeto (SOUZA, 2017).

2.3.2. ETIQUETAGEM DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES - PBE EDIFICA

A Etiqueta é o Selo que atesta a conformidade do atendimento dos requisitos de desempenho descritos em normas e regulamentos técnicos, a nomenclatura da etiqueta pode variar conforme o critério de desempenho adotado. Como este trabalho foca na eficiência energética de uma edificação histórica, a etiqueta passa a se chamar Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) (PROCELINFO, 2022).

Resultando de uma parceria entre o Eletrobras/PROCEL Edifica e o INMETRO tem-se a etiqueta do PBE Edifica, com aplicabilidade em edificações comerciais, de serviços e públicas e edificações residenciais. Na ENCE a classificação de desempenho ocorre utilizando a faixa de cores, como nas etiquetas do INMETRO apresentadas anteriormente, em uma escala que vai do nível “A”, que é o mais eficiente ao nível “E” que corresponde menos eficiente, conforme demonstrado na Figura 12 (PROCELINFO, 2022).

Figura 12 - Etiqueta ENCE.



Fonte: Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações, 2022.

Inicialmente a avaliação era realizada pelo RTQ-C (Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos) dispendo de dois métodos exequíveis para avaliação do desempenho térmico e energético: o método prescritivo e o método da simulação. A análise pelo primeiro método é realizada aplicando equações que recebem como entrada as

informações que são referentes às características técnicas e construtivas da envoltória da edificação analisada, juntamente com iluminação e condicionamento de ar. (LABEEE,2023)

A pontuação obtida ao final da aplicação das equações determina sua classificação como nível em nível A, B, C, D, ou E de eficiência energética. A confirmação da classificação também pode ser obtida por meio de uma ferramenta disponibilizada de forma online e gratuita denominada WebPrescritivo. (LABEEE,2023)

O uso da ferramenta ocorre da seguinte forma: os resultados das variáveis necessárias para a obtenção da classificação final da edificação são inseridos no WebPrescritivo podendo gerar a classificação final da edificação ou a classificação de cada sistema de forma individual.

Empregando o método da simulação pelo RTQ-C a análise é realizada por meio da comparação entre o desempenho termo energético obtido para a simulação da edificação real e as quatro edificações de referência simuladas considerando os níveis de desempenho A, B, C, e D. A simulação dos modelos tanto real quanto de referência devem ser realizadas por meio de softwares específicos (LABEEE, 2023).

Embora a etiquetagem do PBE Edifica pelo RTQ-C pudesse realizar a classificação na escala de níveis de consumo de “A” a “E”, não fornecia a grandeza relacionada ao consumo da edificação. Impossibilitando dessa forma quantificar a economia gerada pelas medidas de eficiência energética que tenham sido adotadas na edificação (SILVA,2019).

No ano de 2021 o Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E) elaborou uma nova proposta de método avaliativo a INI-C. Onde o consumo energético é estimado com base no consumo de energia primária, variando conforme o a fonte de energia utilizada e seus fatores de conservação e de emissão de dióxido de carbono (SILVA,2019).

Com base neste novo método é possível fazer a comparação da edificação empregando suas características reais e a edificação com características de referência. Semelhante ao anterior o novo método possui duas formas de avaliação sendo: o método simplificado e o método simulação (SILVA, 2019).

Estudos que realizam comparações entre o método prescritivo do RTQ-C e o método simulação da INI-C concluem que ao realizar esta comparação os resultados obtidos com o RTQ-C mostram-se menos realista em relação às edificações

avaliadas por conta de alguns pré-requisitos que são estabelecidos em sua regulamentação referentes às propriedades térmicas da envoltória (SIRTULI; DIAS; RODRIGUES, 2022).

O INI-C pode então ser considerado uma melhora significativa do RTQ-C. Porém, para sua aplicação em edificações históricas é necessário reconhecer o seu potencial para inserção de melhorias que possibilitem considerar totalmente as propriedades construtivas características deste tipo de construção em seu processo de avaliação (SIRTULI; DIAS; RODRIGUES, 2022).

O funcionamento e a aplicação da INI-C serão mais bem explanados no próximo tópico, ressaltando que o presente estudo empregará o seu método de simulação computacional.

2.3.3. INI-C

Na Instrução normativa do Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviço e Públicas (INI-C) se encontram os critérios e os possíveis métodos para a classificação da eficiência energética das edificações, cujo uso seja condizente com a nomenclatura da INI-C, e que desejam obter a etiquetagem do PBE Edifica. A classificação de eficiência energética de uma edificação pode ser geral ou parcial, a aplicação da certificação parcial só é possível para os sistemas abaixo: (PBEEDIFICA, 2022).

- Envoltória completa (obrigatória em todas as avaliações);
- Envoltória completa e sistema de condicionamento de ar;
- Envoltória completa e sistema de iluminação;
- Envoltória completa e sistema de aquecimento de água;
- Envoltória completa e outros dois sistemas citados acima.

A INI-C dispõe de dois métodos de avaliação: o método simplificado e pelo método de simulação. A avaliação do desempenho pelo primeiro é feita por meio da comparação das cargas térmicas totais anuais da edificação, estas cargas são obtidas através de um metamodelo disponibilizado de forma online. Para que este metamodelo possa ser aplicado da maneira adequada alguns passos devem ser seguidos, o primeiro é a definição da tipologia da edificação analisada segundo o Anexo A da INI-C.

Em sequência, deve ser realizada a divisão da edificação em zonas térmicas considerando somente os ambientes condicionados artificialmente, as zonas são

classificadas em: perimetrais e internas. A divisão dos ambientes em zonas ocorre quando certas mudanças são detectadas, o que pode corresponder a uma alteração no padrão de ocupação ambiente, ou ao tipo de contato que as paredes que delimitam sua área têm com os ambientes vizinhos e o meio externo, bem como diferenças em pé-direito.

O terceiro passo consiste no cálculo dos parâmetros de entrada disponíveis na INI-C. O fim do processo de avaliação da envoltória retorna a Carga Térmica Total Anual Real ($CgTT_{real}$) e de referência ($CgTT_{ref}$). Em continuidade é calculado o valor do consumo anual de energia do sistema de condicionamento de ar (CR_{real} e CR_{ref}), consumo anual do sistema de iluminação (CIL_{real} e CIL_{ref}), e consumo anual do sistema de aquecimento de água (CAA_{real} e CAA_{ref}), quando aplicável, tanto para a condição real quanto de referência.

A avaliação pelo método da simulação é desenvolvida por meio de *softwares* próprios para a simulação termo energética de edificações que permite a obtenção do consumo final de energia elétrica e térmica dos sistemas avaliados. A simulação pode ser aplicada para todos os tipos de edificações incluindo as edificações históricas, como o Palacete Bolonha, considerando que o programa cumpra os pré-requisitos. Para aplicação deste método é executada a modelagem da volumetria da edificação simultânea ao cadastro dos parâmetros de entrada da edificação que são desde as características bioclimáticas na qual está inserida aos aparelhos instalados. Dessa forma é possível calcular o consumo energético da edificação (SILVA, 2019).

O método de avaliação da INI-C, considera a envoltória, condicionamento de ar, iluminação, quando houver, considera também o aquecimento de água. A envoltória da edificação que por sua vez é definida como a superfície da edificação que interage com o meio externo, sendo composta por paredes externas, cobertura e piso. A segunda etapa é a classificação do sistema de iluminação, seguida pela classificação do condicionamento artificial da edificação (SILVA, 2019).

Alguns softwares podem ser utilizados para realizar a simulação energética desde que esteja em conformidade com o Anexo C da INI-C. Para o desenvolvimento deste trabalho se propõe o uso de três destes softwares: para modelagem SketchUp 2020 em conjunto com OpenStudio versão 1.1.0 e a caracterização e a simulação termo energética utilizando o EnergyPlus, versão 9.4.

Assim como o método simplificado, o método da simulação dispõe de uma tabela com as variáveis a serem avaliadas e os parâmetros pré-estabelecidos para cada uma que também terão impacto na classificação final da edificação. A simulação para o cálculo de certos consumos empregará informações como os dias e horários de funcionamento.

Como explicado anteriormente, no método de análise da INI-C a classificação baseia-se no consumo de energia primária, realizando a comparação entre o consumo da edificação real e a mesma edificação empregando, porém, condições de referência equivalente à classificação de consumo nível D (PBEEDIFICA, 2022).

Em estudos realizados aplicando a eficiência energética em edificações históricas, sobretudo em alguns países da Europa, os resultados mostram que as paredes mais espessas que são características de edificações históricas causam um problema durante os períodos de clima mais frio por conta da elevada inércia térmica. Em períodos quentes, porém, a espessura das paredes permite que os ambientes internos fiquem mais resfriados, chegando a atingir 6 graus celsius de variação de temperatura, o que permite inferir que em países caracterizados por um clima mais quente como o Brasil, as edificações históricas possam alcançar resultados promissores quanto sua classificação de eficiência energética (SILVA, 2019).

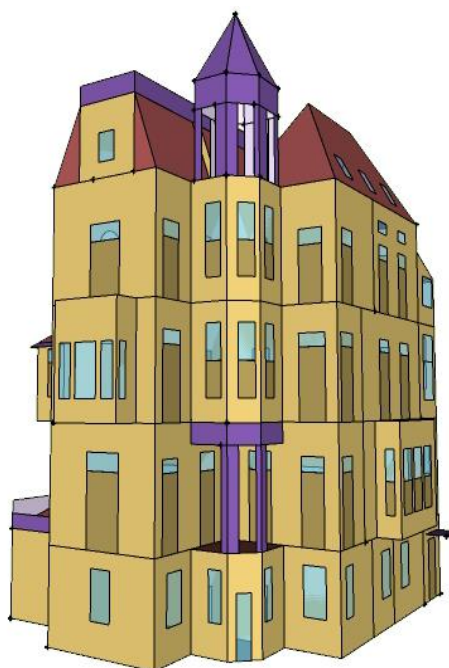
3. MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO PALACETE BOLONHA.

3.1. EDIFICAÇÃO ESTUDADA

O Palacete Bolonha é dotado de um térreo e mais quatro pavimentos que incluem os ambientes existentes na cobertura. Ao total, são 60 ambientes contabilizados nas plantas baixas, em uma listagem que abrange também ambientes de permanência transitória como a área das escadas, sacadas e o elevador.

O sistema construtivo utilizado nos pavimentos pode ser subdividido em três grandes grupos, nos quais, o térreo e o primeiro pavimento formam o grupo 1, cujas paredes são de pedra argamassada com cimento portland tendo variações de espessura e laje dupla de concreto armado, o segundo e terceiro pavimento formam o grupo 2. Este tem características mais possíveis para a composição das paredes de tijolos cerâmicos com uma argamassa rustica decomposição com traços de cal e cimento, por último a cobertura equivale ao grupo 3, com divisórias internas em madeira, estrutura de madeira e telhas de ardósia. (COSTA, 2016).

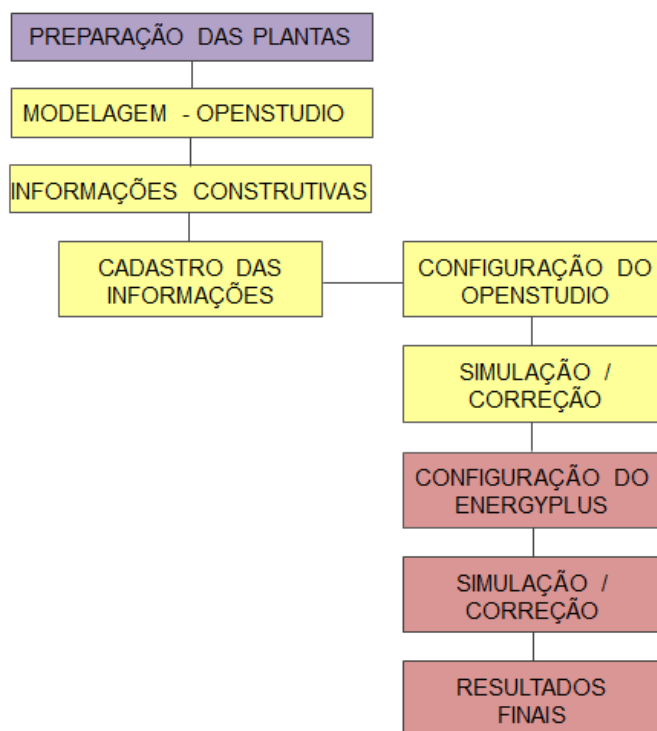
Figura 13 – Perspectiva do Palacete Bolonha modelado no programa OpenStudio.



Fonte: Autora, 2023.

O fluxo de trabalho para realização da simulação segue as etapas de execução presentes no organograma exibido na Figura 14.

Figura 14 – organograma das etapas da simulação do Palacete Bolonha.



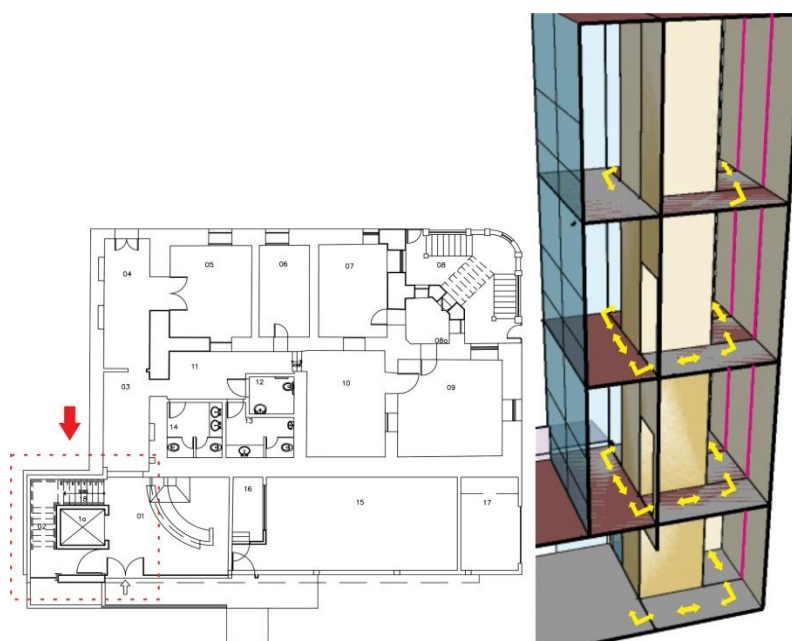
Fonte: Autora, 2023.

3.2. MODELAGEM DA EDIFICAÇÃO NO PROGRAMA OPENSTUDIO

Na modelagem no programa OpenStudio a divisão das zonas é feita preferivelmente conforme os limites existentes dos próprios ambientes. Para fins de modelagem o Palacete é constituído por 78 zonas térmicas, e a divergência entre a quantidade de compartimentos listados nas plantas e a quantidade de zonas se deve a subdivisão de alguns ambientes cuja geometria original poderia gerar erros durante a modelagem e a simulação, sendo necessário dividir os ambientes para serem representados de forma simplificada, mantendo, porém, todas as suas características construtivas.

Ainda que a simplificação dos ambientes resulte em muitas zonas térmicas, não há um comprometimento dos resultados, uma vez que as trocas térmicas destes ambientes são respeitadas, e a parede que foi modelada como fechamento da nova zona, onde antes era um ambiente contínuo, é devidamente apagada para que o ambiente permaneça como contínuo, como acontece na modelagem da caixa da escada, e alguns outros ambientes conforme a representação na Figura 15.

Figura 15 – Corte da caixa da escada.



Fonte: Autora, 2023.

Ainda na Figura 15 é possível observar os limites das três zonas térmicas que compõe a caixa da escada em cada andar a partir do primeiro pavimento, destacadas na cor rosa, e as setas amarelas evidenciando a ausência de qualquer tipo de divisão interna entre elas, mantendo as trocas térmicas na modelagem tal qual acontecem na edificação real.

Atribuindo a cada ambiente uma cor que também se repete na zona térmica correspondente deste ambiente, e realizando uma comparação entre as plantas originais da edificação e as plantas geradas na modelagem do Palacete Bolonha, torna-se possível visualizar de forma mais clara como é realizada a subdivisão das zonas térmicas para a simulação.

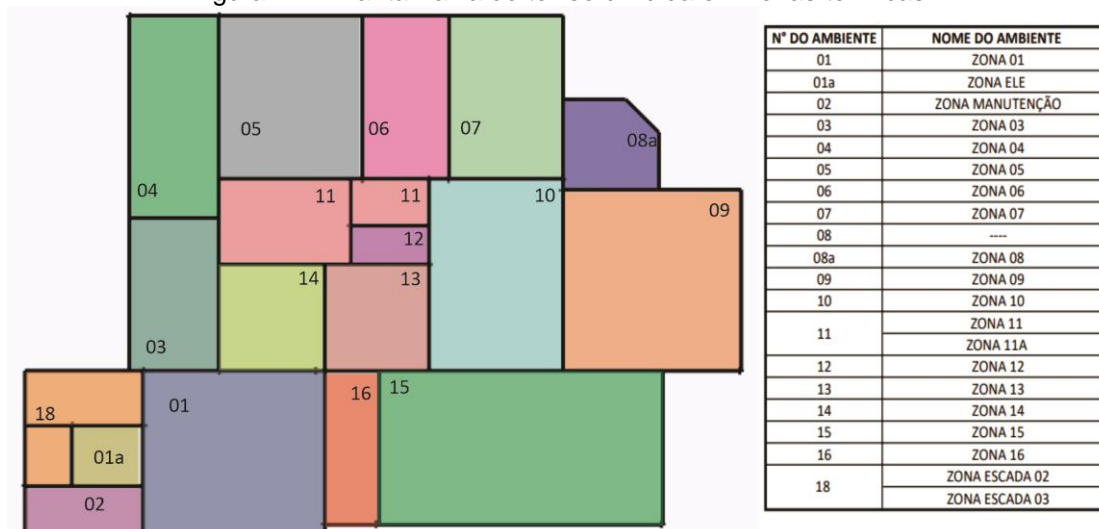
As Figuras 16 e 17, respectivamente, representam os limites de cada ambiente em planta e como estes são modelados no OpenStudio. No térreo o wc pne (12) teve sua forma simplificada, e sua área foi adicionada ao wc masculino (13), da mesma forma como a cabine (16) do auditório foi prolongada.

Figura 16 – Planta Baixa do térreo.



Fonte: FUMBEL (adaptada), 2023.

Figura 17 – Planta Baixa do térreo dividida em zonas térmicas.



Fonte: Autora, 2023.

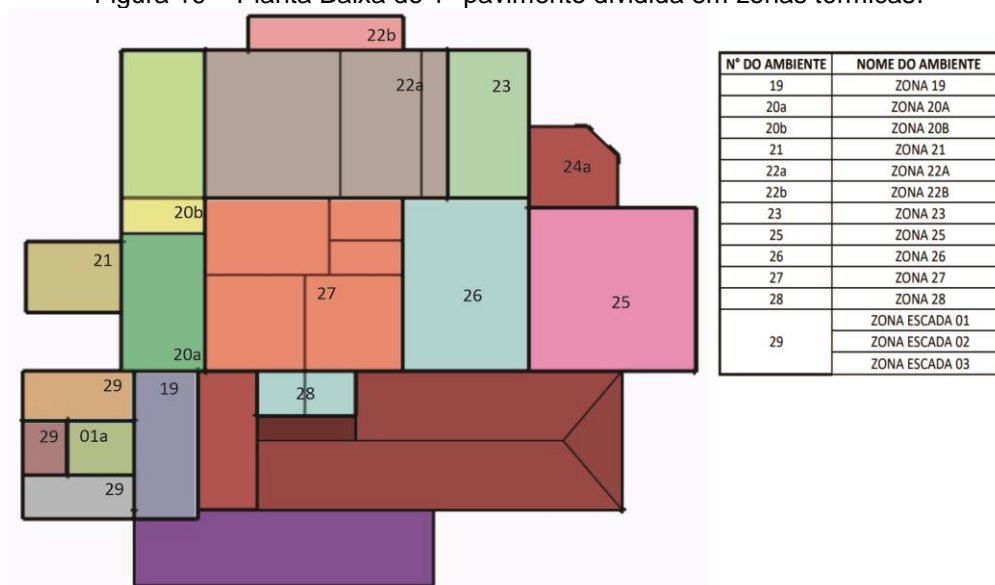
Comparando as Figuras 18 e 19, que correspondem ao primeiro pavimento do Palacete Bolonha, é possível observar que dentre todos os ambientes presentes no primeiro pavimento somente o hall de acesso (24a) não foi modelado como uma zona térmica, isto porque o ambiente é totalmente aberto tendo seus limites de área marcados apenas por pilares, desta forma, não se enquadram como uma zona térmica. Logo, a representação do hall de acesso foi executada no modelo tratando os elementos construtivos limitantes desta área apenas como elementos de sombreamento, visíveis na Figura 13, em roxo.

Figura 18 – Planta Baixa do 1º pavimento.



Fonte: FUMBEL (adaptada), 2023.

Figura 19 – Planta Baixa do 1º pavimento dividida em zonas térmicas.



Fonte: Autora, 2023.

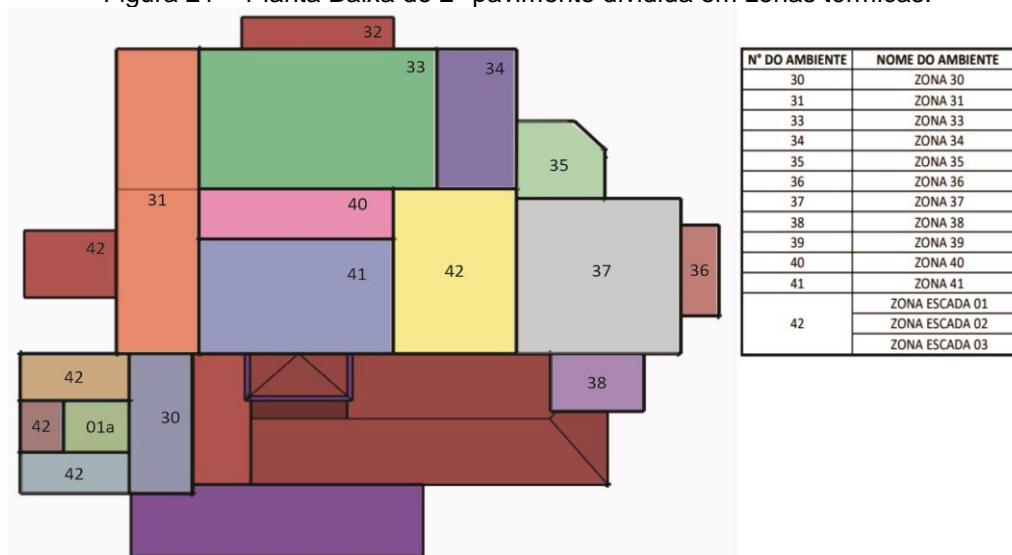
No segundo pavimento, representado nas Figuras 20 e 21, o único ambiente não modelado como zona térmica foi a sacada descoberta que corresponde ao ambiente de número 32. Embora os ambientes 32 e 36 se tratem de sacadas a volumetria e o fechamento da área de ambos é diferente, como evidenciado em seus nomes, enquanto o ambiente 32 é uma sacada descoberta o ambiente 36 é uma sacada coberta tendo sua área limitada por paredes com vãos, e lajes servindo de piso e cobertura.

Figura 20 – Planta Baixa do 2º pavimento.



Fonte: FUMBEL (adaptada), 2023.

Figura 21 – Planta Baixa do 2º pavimento dividida em zonas térmicas.

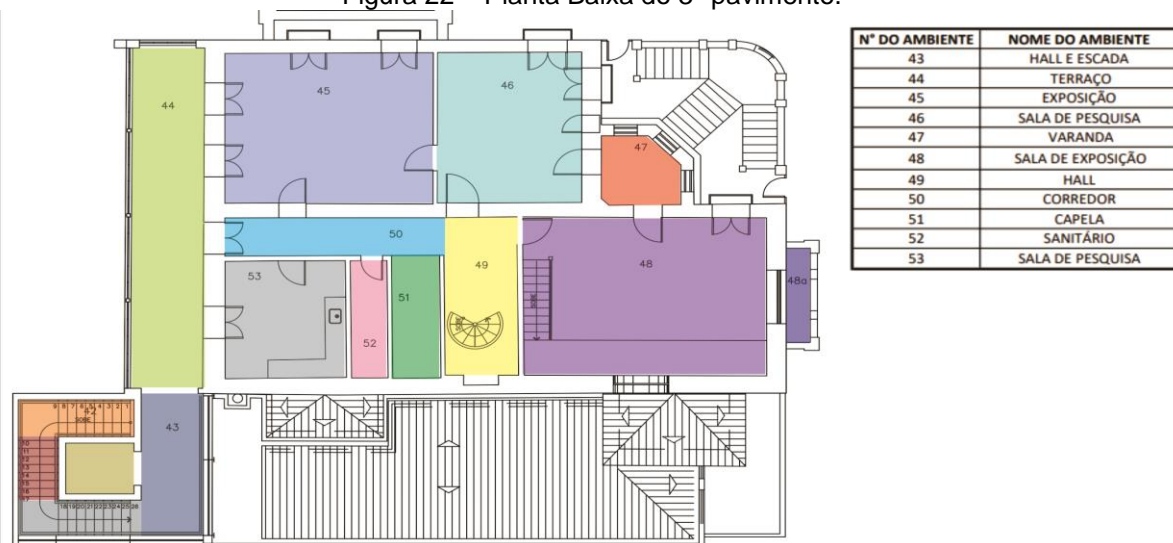


Fonte: Autora, 2023.

O terceiro pavimento, indicado nas Figuras 22 e 23, equivale ao último andar da edificação antes dos ambientes da cobertura do palacete. Do terceiro pavimento,

apenas o ambiente 48a não se converteu em zona térmica, pois, da mesma forma como o ambiente 32 é uma varanda descoberta.

Figura 22 – Planta Baixa do 3º pavimento.



Fonte: FUMBEL (adaptada), 2023.

Utilizando a Figura 23 é possível observar que a sala de exposição (48) precisou ser dividida em duas partes, gerando assim, na modelagem, as zonas térmicas 48 e 48b. Como explicado anteriormente, essa divisão é gerada visando evitar possíveis erros de simulação que podem ocorrer quando algumas paredes das zonas precisam ser divididas devido ao encontro de muitas zonas em um único ponto, visto que o programa não representa em planta baixa a espessura das paredes. Neste tipo de situação, a divisão das zonas é usada como medida preventiva.

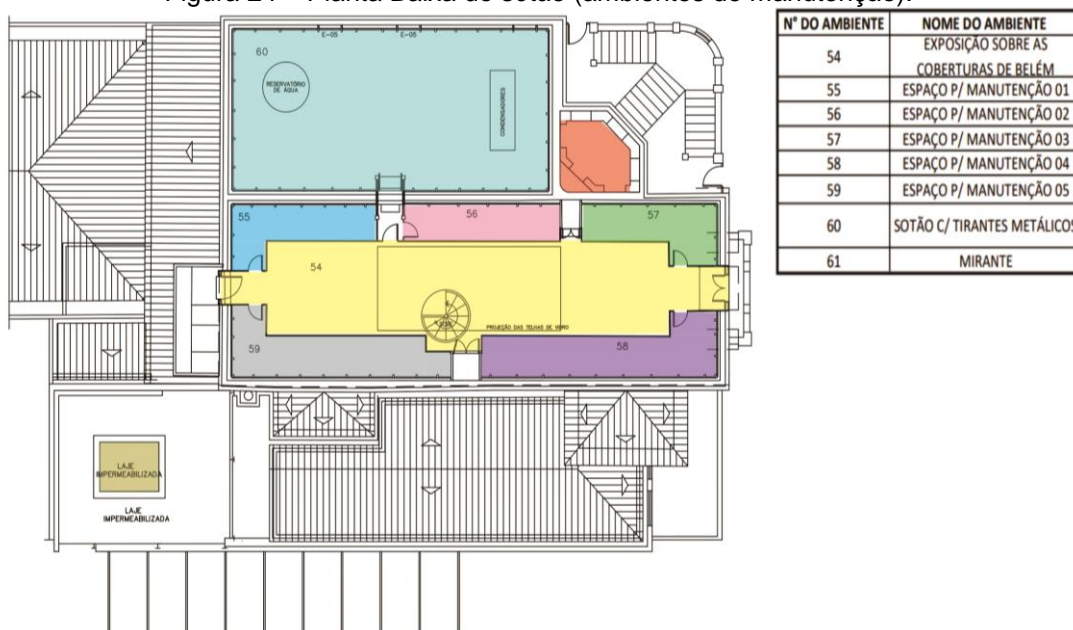
Figura 23 – Planta Baixa do 3º pavimento dividida em zonas térmicas.



Fonte: Autora, 2023.

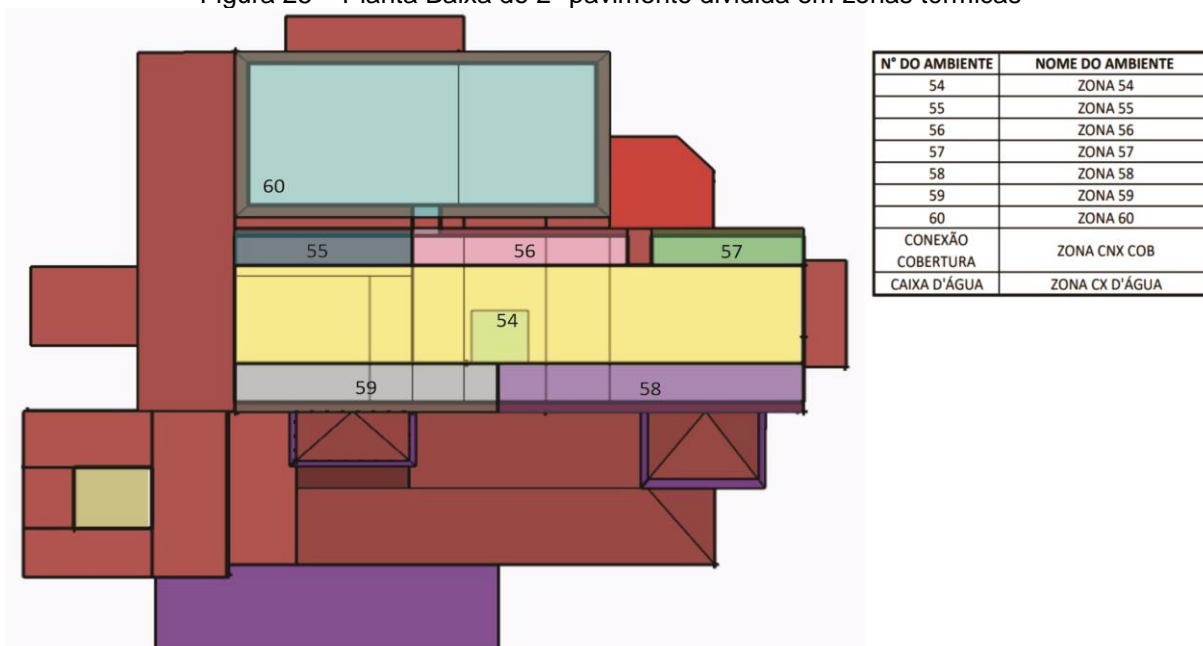
A cobertura do Palacete apresenta uma inclinação acentuada das quedas d'água do telhado, sobretudo daqueles executados em telhas de ardósia, considerando as dimensões de área e a volumetria da cobertura. Com exceção do mirante (61), todos os ambientes foram modelados como zonas térmicas, conforme demonstrado nas Figuras 24 e 25.

Figura 24 – Planta Baixa do sótão (ambientes de manutenção).



Fonte: FUMBEL (adaptada), 2023.

Figura 25 – Planta Baixa do 2º pavimento dividida em zonas térmicas



Fonte: Autora, 2023.

Com base na documentação da edificação cedida pela FUMBEL e no embasamento bibliográfico, o Palacete apresenta um sistema construtivo muito diversificado que culminou na subdivisão da edificação nos três grupos apresentados inicialmente neste capítulo.

Dada essa diversidade de técnicas construtivas e considerando também o ano de construção da edificação, as paredes possuem variação em sua espessura, tanto interna quanto externa, que ocorrem não só de um pavimento para o outro, mas também dentro do mesmo pavimento.

A organização dessa variação de espessuras e materiais construtivos com base nas plantas baixas do Palacete Bolonha resultou nas tabelas abaixo, divididas por pavimento para melhor compreensão. As tabelas 01 e 02 correspondem ao grupo 01, as tabelas 03 e 04 por sua vez ao grupo 02 e tabela 05 ao grupo 03.

Tabela 01 – Constituição e espessura das paredes – térreo.

TÉRREO			
Paredes Externas		Paredes Internas	
Materiais	Espessura (cm)	Materiais	Espessura (cm)
Pedra argamassada e rebocada com cimento	80	Pedra argamassada com cimento	60
		Alvenaria de tijolo cerâmico rebocada com cimento	16
			20

Fonte: Autora, 2023.

Tabela 02 – Constituição e espessura das paredes – 1° pavimento.

PRIMEIRO PAVIMENTO			
Paredes Externas		Paredes Internas	
Materiais	Espessura (cm)	Materiais	Espessura (cm)
Pedra argamassada e rebocada com cimento	80	Pedra argamassada com cimento	60
			48
	65	Alvenaria de tijolo cerâmico rebocada com cimento	20

Fonte: Autora, 2023.

Tabela 03 – Constituição e espessura das paredes – 2° pavimento.

SEGUNDO PAVIMENTO			
Paredes Externas		Paredes Internas	
Materiais	Espessura (cm)	Materiais	Espessura (cm)
Alvenaria de tijolo cerâmico rebocada com cimento rustico	65	Alvenaria de tijolo cerâmico rebocada com cimento rustico	45
			48
		Alvenaria de tijolo cerâmico rebocada com cimento	20

Fonte: Autora, 2023.

Tabela 04 – Constituição e espessura das paredes – 3º pavimento.

TERCEIRO PAVIMENTO			
Paredes Externas		Paredes Internas	
Materiais	Espessura (cm)	Materiais	Espessura (cm)
Alvenaria de tijolo cerâmico rebocada com cimento rustico	65	Alvenaria de tijolo cerâmico rebocada com cimento rustico	45
			48
		Alvenaria de tijolo cerâmico rebocada com cimento	20

Fonte: Autora, 2023.

Tabela 05 – Constituição e espessura das paredes – cobertura.

COBERTURA E ÁREAS DE MANUTENÇÃO			
Telhado de ardósia		Divisórias internas	
Materiais	Espessura (cm)	Materiais	Espessura (cm)
Telha de ardósia	3	Madeira	3
Telhado cerâmico		-	
Materiais	Espessura (cm)		
Telha cerâmica	1		

Fonte: Autora, 2023.

Os materiais das esquadrias presentes no palacete foram organizados com base nos detalhamentos das esquadrias que também compõe os documentos fornecidos pela FUMBEL. Na tabela 06 estão indicados os principais materiais que presentes nas esquadrias, sobretudo as externas.

Tabela 06 – Materiais das esquadrias.

ESQUADRIAS	
Material	Espessura (Cm)
Madeira	3
Compensado	3
Vidro comum	0,06
Vidro temperado	1

Fonte: Autora, 2023.

Com todas as informações construtivas levantadas e a modelagem completa da volumetria da edificação, as informações são cadastradas no OpenStudio e associadas uma a uma às paredes e janelas. Na modelagem também são cadastrados os arquivos climáticos referentes a Belém-PA, assim como os horários de funcionamento da edificação, quantidade de ocupantes e de visitantes.

A etapa de cadastro das informações construtivas e de ocupação correspondem a última etapa antes da simulação no OpenStudio, após sua finalização a simulação é iniciada. Com o modelo simulado e erros corrigidos é possível exportar o arquivo no formato idf a ser simulado no programa Energyplus.

3.3. SIMULAÇÃO DO DIAGNÓSTICO NO PROGRAMA ENERGYPLUS

Com o processo de simulação do OpenStudio finalizado, é possível dar início às simulações utilizando o Energyplus. Esta fase do processo de simulação é mais breve, se comparada a fase apresentada anteriormente.

No Energyplus as principais informações anexadas ao arquivo da simulação são referentes à configuração das trocas térmicas dos pisos, especialmente das zonas que estão em contato direto com o solo, como todas as zonas presentes no térreo do Palacete. Os dados referentes ao condicionamento artificial da edificação são igualmente adicionados no programa Energyplus, dentre os dados está informado quais zonas são condicionadas artificialmente quais não são e o tempo de funcionamento as máquinas de ar-condicionado.

Com a inserção dos novos dados uma nova simulação é realizada, apenas no programa Energyplus. Dessa forma é executada a simulação final da modelagem do Palacete Bolonha resultando nos dados de consumos e cargas térmicas da edificação e consumo de refrigeração a serem avaliados no capítulo a seguir conforme as definições pré-estabelecidas na INI-C de 2022.

4. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO

Alguns arquivos são gerados a partir da simulação final no programa Energyplus alguns arquivos são gerados, dentre eles o arquivo em formato HTML, que funciona como um relatório detalhado acerca dos parâmetros avaliados na simulação e seus resultados são apresentados na forma de tabelas.

Dessa forma o programa apresenta não só os usos finais para a edificação como também possibilita uma análise mais profunda de cada zona térmica e elemento construtivo presente na modelagem. Seguindo os objetivos estabelecidos para este trabalho são utilizados apenas os resultados dos usos finais da edificação, tanto do modelo real quanto do modelo de referência, presentes nas tabelas da simulação de ambos.

Dada à impossibilidade de realizar, em tempo hábil, um levantamento detalhado do sistema de iluminação, optou-se por avaliar somente a classificação do nível de desempenho da envoltória e do sistema de ar-condicionado do Palacete Bolonha. Para tal análise são necessárias as informações de carga térmica anual da edificação real e da edificação de referência.

Nos resultados da simulação para condição real, o parâmetro “*District Cooling*”, (kWh) equivale a carga térmica total anual do edifício real ($C_{gTT_{real}}$) da edificação, enquanto a soma dos parâmetros de “*Cooling*” e “*Fans*” na coluna “*Electricity*” (kWh) equivalem ao consumo de refrigeração ($C_{R,real}$).

Para a condição de referência o parâmetro “*District Cooling*”, (kWh) equivale a carga térmica total anual do edifício de referência ($C_{gTT_{refD}}$) e também equivale ao consumo de refrigeração do edifício de referência ($C_{R,refD}$), mas somente após ser dividido por 2,6, valor retirado da Equação B.II.3 da INI-C de 2022. Sendo assim os principais resultados da simulação no Energyplus são listados na Tabela 07 a seguir.

Tabela 07 – Resultados obtidos da simulação no Energyplus.

RESULTADOS DA SIMULAÇÃO FINAL NO PROGRAMA ENERGYPLUS			
EDIFICAÇÃO REAL		EDIFICAÇÃO DE REFERÊNCIA D	
Carga Térmica Total anual ($C_{gTT_{real}}$)	55341,35	Carga Térmica Total anual ($C_{gTT_{refD}}$)	98343,47
Cooling	37608,07	District Cooling	98343,47
Fans	1100,96		
Consumo de Refrigeração ($C_{R,real}$).	38709,03	Consumo de Refrigeração ($C_{R,refD}$).	37824,41

Fonte: Autora, 2023.

5. ANÁLISES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA SIMULAÇÃO.

Conforme explicado anteriormente a classificação da eficiência energética da envoltória de uma edificação é estabelecida com base no percentual de redução de consumo da carga térmica total anual da edificação real, comparada com sua condição de referência, modelada com os parâmetros do nível D de classificação de eficiência (BRASIL, 2022).

A carga térmica de uma edificação pode ser definida como a quantidade de calor que deve ser retirado ou adicionado a uma edificação para que ela possa alcançar as condições de conforto desejadas (BRASIL, 2022).

O cálculo da redução de consumo da carga térmica total anual é realizado pela Equação B.I.1 do Anexo B.I da INI-C, que se refere a envoltória da edificação, apresentada a seguir (BRASIL, 2022).

$$RedCgTT = ((C_{gTT_{refD}} - C_{gTT_{real}}) / C_{gTT_{refD}}) \times 100 \quad \text{Equação B.I.1}$$

Onde:

- RedCgTT é o percentual de redução da carga térmica total anual da envoltória (%);

- $CgTT_{refD}$ é a carga térmica total anual da edificação na sua condição de referência (kWh/ano);
- $CgTT_{real}$ é a carga térmica total anual da edificação real (kWh/ano).

Os valores da simulação foram aplicados a uma tabela desenvolvida no Excel, formatada segundo a Equação B.I.1, chegando aos resultados exibidos abaixo na Tabela 08.

Tabela 08 - Cálculo do percentual de redução de carga térmica.

Determinação do percentual de redução da carga térmica total anual			
$CgTT_{refD}$	98343,47	RedCgTT	43,726
$CgTT_{real}$	55341,35		

Fonte: Autora, 2023.

A determinação do percentual de redução de consumo de refrigeração, de forma semelhante ao cálculo da envoltória, emprega os valores de consumo da edificação real e da edificação de referência, a redução é calculada por meio da Equação B.II.1 da INI-C, apresentada abaixo (BRASIL, 2022). .

$$RedCR = ((CR_{,refD} - CR_{,real}) / CR_{,refD}) \times 100 \quad \text{Equação B.II.1}$$

Onde:

- RedCR é o percentual de redução do consumo de refrigeração (%);
- $CR_{,refD}$ é o consumo de refrigeração da edificação na sua condição de referência (kWh/ano);
- $CR_{,real}$ é o consumo de refrigeração da edificação real (kWh/ano).

Os valores de consumo da refrigeração, resultados da simulação foram aplicados a Equação B.II.1, configurada em forma de tabela no Excel, cujos resultados são exibidos na Tabela 09.

Tabela 09 - Cálculo do percentual de redução de carga térmica.

Determinação do percentual de redução do consumo de refrigeração			
$CR_{,refD}$	37824,41	RedCR	-2,338
$CR_{,real}$	38709,03		

Fonte: Autora, 2023.

O coeficiente de redução de carga térmica total anual para atingir os diferentes níveis de eficiência energética é determinado a partir do fator de forma (FF) da edificação, calculado segundo a Equação 8.8, disponível na INI-C, e conforme a classificação climática. Os coeficientes variam de acordo com as tipologias de cada edificação (BRASIL, 2022).

O fator de forma da edificação é calculado pela razão entre área da envoltória e o volume da edificação. Os valores para o cálculo do fator de forma também são encontrados no arquivo HTML da simulação final, expressos na Tabela 10.

Tabela 10 - Cálculo do percentual de redução de carga térmica.

Fator de Forma (FF)				
Equação 8.8	Aenv	1688,71	FF	0,3977
$FF = \frac{A_{env}}{V_{tot}}$	Vtot	4245,98		

Fonte: Autora, 2023.

Com os valores de percentual de redução dos sistemas avaliados estabelecidos, e o fator de forma calculado, é possível determinar o nível desempenho de eficiência energética de cada sistema.

Como o Palacete Bolonha, corresponde a uma edificação cuja maior parte de sua área funciona como museu-casa, sua tipologia seria de museu ou galeria, porém a INI-C não estabelece parâmetros para tipologia de museu, ou mesmo de edificações históricas, dessa maneira o Palacete passa a ser avaliado conforme os parâmetros estabelecidos na Tabela A.8 do Anexo A da INI-C de 2022, para edificações cuja tipologia não é descritas na portaria do INMETRO (BRASIL, 2022).

A classificação climática de uma cidade pode ser consultada na Tabela G.1 do Anexo G da INI-C, no qual a cidade de Belém (PA) está inserida na zona bioclimática 8. Logo, o coeficiente de redução mínimo estabelecido para a obtenção da classificação A da envoltória é encontrado na Tabela 8.19 da INI-C, como demonstrado na Figura 23. Empregando o valor determinado do fator de forma que é 0,39, no intervalo de $0,30 < FF \leq 40$ para zona bioclimática 8, a redução mínima necessária na carga térmica total anual seria de 0,24. O Palacete foi capaz de alcançar a redução de 0,43, resultando em 43% de redução da carga térmica.

Figura 25 – Tabela 8.19 com marcação dos limites para o Palacete Bolonha na cor azul.

Classificação Climática	Coeficiente de redução da carga térmica anual da classificação D para a classificação A (CRCgTT _{D-A})			
	FF ≤ 0,20	0,20 < FF ≤ 0,30	0,30 < FF ≤ 0,40	FF > 0,40
ZB 1	0,39	0,41	0,41	0,43
ZB 2	0,35	0,37	0,38	0,39
ZB 3	0,31	0,33	0,34	0,35
ZB 4	0,26	0,28	0,29	0,30
ZB 5	0,31	0,33	0,34	0,36
ZB 6	0,26	0,29	0,30	0,31
ZB 7	0,18	0,20	0,21	0,22
ZB 8	0,21	0,23	0,24	0,25

Fonte: INI-C, 2022.

Para a obtenção da classificação A para o sistema de ar-condicionado, a redução mínima do consumo de refrigeração necessária é de 0,43. A redução calculada para o Palacete foi de -2,33. O que implica dizer que o modelo real está 2% acima do consumo da edificação de referência.

Figura 26 – Limites de classificação para o sistema de ar-condicionado avaliado.

Classificação climática	RedC _R (%)				
	Classif. A	Classif. B	Classif. C	Classif. D	Classif. E
Zonas bioclimáticas 1, 2 e 3	RedC _R > 51	51 ≥ RedC _R > 34	34 ≥ RedC _R > 17	17 ≥ RedC _R ≥ 0	RedC _R < 0
Zonas bioclimáticas 4, 5 e 6	RedC _R > 48	48 ≥ RedC _R > 32	32 ≥ RedC _R > 16	16 ≥ RedC _R ≥ 0	RedC _R < 0
Zonas bioclimáticas 7 e 8	RedC _R > 43	43 ≥ RedC _R > 29	29 ≥ RedC _R > 14	14 ≥ RedC _R ≥ 0	RedC _R < 0

Fonte: INI-C, 2022.

Sendo assim, a classificação final de cada sistema construtivo avaliado é apresentada na Tabela 11.

Tabela 11 - Cálculo do percentual de redução de carga térmica.

Sistema construtivo avaliado	Classificação Obtida
Envoltória	Classificação A
Ar-condicionado	Classificação E

Fonte: Autora, 2023.

Os resultados alcançados para a classificação dos sistemas construtivos avaliados, sobretudo da envoltória, podem ser justificados pelo bom desempenho térmico que este sistema construtivo alcança, dada sua composição e espessuras dos materiais e das paredes externas de forma geral, que variam de 60 a 80 cm de espessura ao longo dos pavimentos, conforme as tabelas apresentadas no capítulo 3 deste trabalho. Os resultados de desempenho da envoltória da edificação também são fornecidos, ao final da simulação, dentro do arquivo em formato HTML, citado no capítulo 04.

6. PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO.

Inicialmente dentre os objetivos específicos, propostos neste trabalho de conclusão estava a otimização do uso atual do Palacete que seria apresentada como parte de uma proposta de intervenção, visando contribuir para o melhor desempenho termo-energético do Palacete Bolonha. Porém com base nos

resultados apresentados e em testes realizando mudanças na envoltória não são necessárias ou recomendadas.

Dessa forma, considerando a integridade do Palacete Bolonha, não há a necessidade de propostas de intervenção ou de qualquer alteração no que tange sua arquitetura. Por outro lado, o sistema de ar-condicionado do palacete merece atenção especial.

Por entender a necessidade de um profissional especializado para estabelecer alterações efetivas e seguras no sistema de ar-condicionado, principalmente por se tratar de uma edificação histórica. Propõe-se, para este sistema, a realização de um estudo de viabilidade para a possibilidade de substituição dos aparelhos atuais utilizados na edificação.

Enfatizando a recomendação de que as novas máquinas de ar-condicionado que sejam eficientes em consumo de energia, considerando para a possível troca os parâmetros pré-estabelecidos para obtenção do nível A do sistema de ar-condicionado disponíveis na Tabela 7.1 da INI-C de 2022, É importante ressaltar que, dependendo do sistema sugerido (central, split, entre outros) vários pré-requisitos devem ser atendidos para a obtenção da etiqueta nível A.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise dos resultados finais da classificação dos sistemas construtivos avaliados, obtidos após as simulações finais no programa Energyplus, do modelo real e de referência, o valor encontrado como resultado da redução de carga térmica total anual de 43% comprova uma das hipóteses consideradas para o desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso. A hipótese de que a envoltória poderia alcançar uma boa classificação, considerando os materiais, técnicas construtivas e devido a maneira como a arquitetura era pensada de forma a sempre tentar contornar o clima quente da região que são características de uma cidade amazônica, como Belém do Pará.

Mesmo com o bom resultado alcançado para uma edificação histórica, não é possível estabelecer com precisão quanto da classificação de desempenho obtido para a edificação, se deve aos materiais e ao sistema construtivo e quanto da classificação de desempenho é atribuída a genialidade de Francisco Bolonha. Uma vez que a arquitetura do Palacete, conforme apresentada ao longo dos capítulos, foi

pensada para favorecer a iluminação e circulação de correntes de ar dentro do Palacete Bolonha.

Ao analisar as plantas e modelar o Palacete no OpenStudio, nota-se o cuidado presente no projeto com relação as condicionantes climáticas da cidade, que tem impacto direto na simulação. Como o número reduzido de esquadrias na fachada oeste da edificação em que as poucas janelas existentes estão dispostas em ambientes de permanência transitória, que são as sacadas cobertas. Esse cuidado também se faz notável na fachada leste onde se concentram a maior parte das esquadrias.

Apesar das dificuldades encontradas para determinar, e representar na simulação, os materiais utilizados na construção das paredes e suas proporções os resultados não foram comprometidos uma vez que a espessura e não só a constituição de suas paredes foi determinante para obter uma classificação A de desempenho. Já o sistema de ar-condicionado teve seu desempenho comprometido não apenas pela capacidade de BTU's das máquinas utilizadas para condicionar o Palacete Bolonha, mas também por conta do baixo coeficiente de performance (COP), somado ao baixo coeficiente de eficiência energética obtido nas máquinas avaliadas.

Com os resultados gerados e a metodologia empregada a este trabalho, é possível que seja dada continuidade a esta pesquisa e até mesmo que novas pesquisas sejam desenvolvidas a partir desta, sendo possível e interessante como contribuição para sociedade, trabalhos futuros que estudem outras tipologias de edificações históricas com base em seu uso atual, ou uso proposto. A eficiência energética aplicada a edificações históricas abre uma gama de novas possibilidades de estudos para essas edificações, que ainda são pouco exploradas, sobre tudo na região norte do Brasil, e que só tendem a contribuir cada vez mais para evidenciar a necessidade da preservação e de uso das edificações históricas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADABO, G. **O que é a etiqueta nacional de conservação de energia (ENCE)?**. Disponível em: <<https://iei-brasil.org/2019/05/30/o-que-e-a-etiqueta-nacional-de-conservacao-de-energia-ence/>>. Acesso em: 10 nov. 2022.

AFONSO, M. M.; SERRES, J. C. P. Casa-museu, museu-casa ou casa histórica: um lugar na história. **Revista semestral**, ano 1, n. 1, jan.-jun. 2016, issn 2357-7495. Disponível em: <<https://www.eumed.net/rev/cccss/30/casa-museu.html> > . Acesso em: 19 abr. 2023.

BELÉM. **Lei do Patrimônio Histórico**. Lei nº 7.709, Belém, 1994. Disponível em: <http://www.belem.pa.gov.br/segep/download/coletanea/PDF/n_urban_p/patr_hist.pdf>. Acesso em: 08 de nov. 2022.

Belém – Palacete Bolonha. **Ipatriônio**. Disponível em: <<https://www.ipatrimonio.org/belem-palacete-bolonha/#!/map=38329&loc=-1.4471553628247993,-48.47160458564758,14>>. Acesso em: 7 nov. 2022.

BRASIL. **Decreto-lei nº 25**, de 30 de novembro de 1937. Brasil, 1937. Disponível em:<http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/Decreto_Lei_n_25_de_30_de_novembro_de_1937_pdf>. Acesso em: 22 de out. 2022

BRASIL. **Constituição Federal Art. 216**, de 05 de outubro de 1988. Brasil, 1988. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/constituicao_federal_art_216.pdf>. Acesso em 22 de out. 2022

BRASIL. **Instrução Normativa do Inmetro para Edificações Comerciais, de Serviço e Públicas**. Disponível em: <https://pbeedifica.com.br/sites/default/files/INI-C_Portaria_309_de_2022_COM%20CAPA.pdf>. Acesso em: 06 de fev. 2023

CAYER, N. A.; SCHEINER, T. C. Casas históricas e museus-casa: conceitualização e desenvolvimento. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 16, n. 2, 2021. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/bgoeldi/a/jMZpNPmH6QDQPhSWrDHjC8g/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 18 abr. 2023.

Certificação LEED – o que é e como funciona?. **Sustentarqui**. Disponível em: <<https://sustentarqui.com.br/certificacao-leed-o-que-e-e-como-funciona/>>. Acesso em: 10 nov. 2022

CHIAROTTI, T. M. O patrimônio histórico edificado como um artefato arqueológico: uma fonte alternativa de informações. **Habitus-Revista do Instituto Goiano de Pré-História e Antropologia**, Goiânia, v. 3, n. 2, p. 301-319, jul/dez, 2005. Disponível em:<<http://seer.pucgoias.edu.br/index.php/habitus/article/view/61/61>>. Acesso em: 22 out. 2022.

COSTA, F. M. da. **A tecnologia estrutural do engenheiro Francisco Bolonha em Belém-PA**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Belém-PA, 2016. Disponível em: <

<https://ppgau.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/documentos/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Felipe%20Melo%20da%20Costa.pdf> >. Acesso em: 02 jun. 2023.

DAGOSTIM, N. E.; JORGE, G. B. Certificação BREEAM de sustentabilidade. *In: Simpósio de Sustentabilidade e Contemporaneidade*, 9, 2022, Cascavel-PR. *Anais eletrônicos [...]*. Cascavel: Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, 2022. Disponível em: <

<https://www.fag.edu.br/novo/arquivos/anais/2022/Arquitetura%20-%20Nat%C3%A1lia%20Emanoel%20Dagostim.pdf> >. Acesso em: 01 mai. 2023.

Início. **PBE Edifica**. 2022 Disponível em: <https://pbeedifica.com.br/> . Acesso em: 10 nov. 2022.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3ª Ed. Rio de Janeiro, 2014;

LOBATO, C. C. de Q.; ARRUDA, E. S.; RAMOS, A. H. G.; **Palacete Bolonha – uma promessa de amor**. Belém: editora, 2005. Disponível em: <

<https://www.ipatrimonio.org/wp-content/uploads/2021/01/ipatrimonio-Bel%C3%A9m-Palacete-Bolonha-Fonte-Lobato-Arruda-Ramos-compactado.pdf> >. Acesso em: 23 out. 2022.

LIMA, R. S.; RIOS, M. S. S. Análise comparativa entre a certificação fator verde de Fortaleza-CE e demais certificações ambientais. **Rev. Tecnol.** Fortaleza, v. 40, n. 2, p. 1-21, DOI: 10.5020/23180730.2019.7850, dez. 2019. Disponível em: <

<https://ojs.unifor.br/tec/article/view/7850/6096> >. Acesso em: 01 mai. 2023.

LYRA, C. C. **Preservação do patrimônio edificado: a questão do uso**. Brasília, DF: Iphan, 2016. P. 117-118.

Métodos de etiquetagem. **LABEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações**. Disponível em: <<https://labeee.ufsc.br/pt-br/projetos/s3e/metodos-de-etiquetagem>>. Acesso em: 14 fev 2023.

Patrimônio Cultural. **IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional**. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/218>> . Acesso em: 22 out. 2022.

PORFÍRIO, Francisco. Patrimônio histórico cultural. **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/curiosidades/patrimonio-historico-cultural.htm>. Acesso em: 30 de out. de 2022.

Silva, M. K. P. da. **Análise econômica de medidas de eficiência energética em um prédio histórico de Florianópolis, de acordo com a nova etiqueta comercial Procel Edifica**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia

Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/197526/TCC_Michel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 22 de out. 2022.

Edificações. **PROCELINFO**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={82BBD82C-FB89-48CA-98A9-620D5F9DBD04}>>. Acesso em: 10 nov. 2022.

SIRTULI, B. P.; DIAS, R. H. M. de P.; RODRIGUES, E. A. N. Eficiência energética da envoltória de edifícios históricos: métodos RTQ-C e INI-C. **PARC Pesq. em Arquit. e Constr.**, Campinas, SP, v. 13, p. 022007, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v13i00.8660644>, jan. 2022. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8660644>>. Acesso em: 14 jan. 2023.

Sobre a Fumbel. **FUMBEL**. Disponível em: <<https://fumbel.belem.pa.gov.br/institucional/sobre-a-fumbel/>>. Acesso em: 24 out. 2022.

SOUSA, P. C. M. de. **A importância do Patrimônio Histórico como instrumento de preservação da memória**. Brasil Escola. Disponível em: <<https://monografias.brasilecola.uol.com.br/historia/a-importancia-patrimonio-historico-como-instrumento-preservacao.htm>>. Acesso em: 30 out. 2022.

SOUZA, A. C. D. B. d. **Eficiência energética de edificações visando a certificação pelo RTQ-C e a análise energético-financeira e ambiental**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Belém-PA, 2017.