



PROPOSTAS DE REABILITAÇÃO BIOCLIMÁTICA: ZONA HISTÓRICA DE BRAGANÇA

Lucas Pinto Camacho

Relatório Final da Dissertação apresentada à
Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança para
obtenção do **Grau de Mestre em Engenharia da Construção**
no âmbito da **Dupla Diplomação** com a
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Guarapuava

Orientadores:

Prof.^a Dra. Eduarda Cristina Pires Luso
Prof.^a Especialista Sílvia Maria Afonso Fernandes
Prof.^o Dr. Rodrigo Scoczynski Ribeiro

Bragança

2020

PROPOSTAS DE REABILITAÇÃO BIOCLIMÁTICA: ZONA HISTÓRICA DE BRAGANÇA

Lucas Pinto Camacho

Relatório Final da Dissertação apresentada à
Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança para
obtenção do **Grau de Mestre em Engenharia da Construção**
no âmbito da **Dupla Diplomação** com a
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Guarapuava

Orientadores:

Prof.^a Dra. Eduarda Cristina Pires Luso

Prof.^a Especialista Sílvia Maria Afonso Fernandes

Prof.^o Dr. Rodrigo Scoczynski Ribeiro

Bragança

2020

“A persistência é o caminho do êxito.”

Charles Chaplin

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por estar sempre abençoando meu caminho e podendo tornar tudo isso em minha vida possível.

Agradeço à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, instituição essa que conjuntamente com os seus professores pôde proporcionar um ensino de qualidade para a formação de engenheiro. Também ao IPB, que acolheu muito bem os alunos vindo de fora e também possibilitando um aprendizado em nossas vidas.

Agradeço à Câmara Municipal de Bragança, mais especificamente ao Engenheiro Rui Martins que me passou alguns conhecimentos e algumas informações com relação a Bragança e toda a sua Zona Histórica.

Agradeço a Professora Doutora Eduarda Cristina Pires Luso por ajudar com conhecimentos específicos e auxiliar no meu desenvolvimento, a Professora Especialista Sílvia Maria Afonso Fernandes por orientar e contribuir para o desenvolvimento da dissertação com conhecimentos e opiniões.

Agradeço também ao Professor Doutor Rodrigo Scoczynski Ribeiro por tornar possível tudo isto, sendo responsável por realizar o acordo entre a UTFPR e o IPB. E também por estar sempre presente em durante esse percurso e por me proporcionar opiniões, conselhos, apoio e por me auxiliar com muito conhecimento e grandes referências.

Deixo aqui também meus agradecimentos a todos os meus amigos que apoiaram nessa caminhada e, de forma especial, Henrique Faria, Anthony Sanches, Marco Abreu, Rodrigo Morais, Mychel Sandri, Ary Vinicius e Alexandre Tomazoni por estarem de alguma forma presente durante este trajeto.

É muito importante enfatizar o apoio de todos os familiares em todo o decorrer da Universidade, de forma especial para minha madrinha Venise e para o meu tio Vagner que de forma constante estavam entrando e contato e sempre se preocupando comigo. Agradeço do fundo do meu coração ao meu pai e minha mãe que estiveram desde que nasci fornecendo tudo o que era necessário, fazendo o possível e o impossível, e sempre me apoiando em todas as decisões da minha vida. Hoje em dia sei que meu pai está comigo em todos os meus passos mesmo um pouco distante. E minha mãe se desdobrando para continuar fornecendo tudo para mim e para minha irmã. Também a minha irmã por toda força e carinho que tem comigo.

RESUMO

A presente dissertação tem como objetivo analisar possíveis propostas de reabilitação bioclimática nos edifícios da Zona Histórica de Bragança. Para essas análises foram utilizados os dados meteorológicos da cidade, as leis e regulamentos em vigor, junto às identificações visuais para a coleta de alguns dados como o da quantidade de casas que sofreram ou não algum tipo de intervenção. Foi adotado um edifício como estudo de caso, onde foram testadas hipóteses de intervenções construtivas. Utilizou-se o *software* Sketchup para a realização da modelagem tridimensional e o Sefaira e Energy Plus para a simulação energética.

Por meio da modelagem buscou-se a identificação de alguns cenários possíveis para a reabilitação. Em seguida foi realizada uma comparação entre a variação térmica antes e após as possíveis intervenções.

Após a análise em torno das modelagens realizadas foram obtidos alguns resultados de ganho energético interno no edifício, assim como foi mensurada a quantidade de energia necessária a ser retirada visando às demandas de conforto do ser humano, tanto no período de aquecimento quanto na época de arrefecimento.

As simulações permitiram a verificação da melhora na qualidade energética do edifício nos períodos de aquecimento e de arrefecimento comparando com o proposto inicial por meio das seguintes intervenções: isolamento interno e externo, estufa anexa sem proteção, com proteção interna e proteção externa.

Os resultados simulados mostraram que a melhor intervenção possível seria a de implementação de uma estufa anexa com proteções pelo lado externo, mantendo as proteções desativadas durante o inverno e no verão abrir os vãos envidraçados para melhor aproveitamento da ventilação natural.

A análise do estudo energético evidenciou-se que a utilização de materiais aplicados de forma correta, assim como o devido estudo da geometria solar, para a incidência da luz do sol nas paredes e janelas, colaboraram diretamente no comportamento térmico do edifício analisado.

Concluiu-se nesta pesquisa que estratégias baseadas em sistemas passivos proporcionam um melhor desempenho térmico ao edifício e otimizam o consumo de energia.

Palavras-chave: Reabilitação bioclimática, Conforto térmico, Eficiência energética.

ABSTRACT

This dissertation aims to analyze the possible proposals for bioclimatic rehabilitation in buildings in the Historic Zone of Bragança. For these analyses, the city's meteorological data, such as the current laws and regulations, were used, together with visual identifications for the collection of some data, such as the number of houses that suffered or not some type of intervention. A building was adopted as a case study, where hypotheses of constructive interventions were tested. Sketchup software was used to perform three-dimensional modeling and Sefaira and Energy Plus for energy simulation.

Through modeling, we sought to identify some possible scenarios for rehabilitation. Then, a comparison was made between the thermal variation before and after the possible interventions.

After the analysis around the modeling carried out, some results of internal energy gain were obtained in the building, as well as the amount of energy needed to be consumed aiming at the demands of human comfort, both during the heating period and in the cooling season.

The simulations made it possible to verify the improvement of the building's energy quality during the heating and cooling periods compared to the initial proposal through the following interventions: internal and external insulation, attached greenhouse without protection, with internal protection and external protection.

The simulated results showed that the best possible intervention would be the implantation of an attached greenhouse with outside protection, keeping the protection at bay during the winter and summer to open the windows for better use of natural ventilation.

The analysis of the energy study showed that the use of correctly applied materials, as well as the proper study of solar geometry, for the incidence of sunlight on the walls and windows, directly contributed to the thermal behavior of the analyzed building.

It was concluded in this research that strategies based on passive systems provide a better thermal performance to the building and optimize the energy consumption.

Key words: Bioclimatic rehabilitation, Thermal comfort, Energy efficiency.

ÍNDICE

RESUMO	V
ABSTRACT	VII
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABELAS	XI
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivos	1
1.2. Estrutura da tese.....	2
2. REABILITAÇÃO BIOCLIMÁTICA	4
2.1. Projeto bioclimático	4
2.2. A Reabilitação Bioclimática	6
2.2.1. Parede de Inércia.....	11
2.2.2. Estufa Anexa.....	12
3. CARACTERIZAÇÃO DA ZONA HISTÓRICA DE BRAGANÇA	16
3.1. Introdução.....	16
3.2. Cidadela (Zona A).....	18
3.3. Zona Histórica fora da Área Muralhada (Zona B e Zona C).....	22
3.4. Condicionantes Climáticas da Localidade	25
4. LEGISLAÇÃO EM VIGOR	28
4.1. Introdução.....	28
4.2. Regulamento do Plano de Pormenor para a Zona Histórica de Bragança I	29
4.3. Decreto Lei 95/2019.....	30
5. ESTUDO DE CASO	32
5.1. Introdução.....	32
5.2. Descrição do Edifício	33
5.3. Caracterização Construtiva das Soluções de Reabilitação do Edifício	34
5.4. Descrição da utilização dos programas	35
5.5. Modelagens.....	39
6. ANÁLISE DOS RESULTADOS	41

6.1. Considerações Iniciais.....	41
6.2. Modelagem 1	41
6.3. Modelagem 2	44
6.4. Modelagem 3	47
6.5. Modelagem 4	50
6.6. Modelagem 5	52
6.7. Análise dos Resultados	54
7. CONCLUSÃO	56
7.1. Trabalhos Futuros	57
REFERÊNCIAS	58
ANEXOS.....	60
ANEXO I.....	61
ANEXO II	63
ANEXO III.....	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Os três constituintes básicos do projeto bioclimático	4
Figura 2- Paredes de Inércia em Pedras	11
Figura 3 - Estufa Anexa	13
Figura 4 - Zona Histórica de Bragança	16
Figura 5 - Zonas especificadas da região estudada.....	17
Figura 6 – Porta do Sol e Porta da Vila e Porta de Santo Antônio	18
Figura 7 - Vista de cima da Rua Dom Fernão	19
Figura 8 - Ruas da Cidadela	20
Figura 9 – Exemplos de Casa Reabilitada e Casa Mista.....	21
Figura 10 - Exemplo de casa em ruína.....	22
Figura 11 - Casa do Arco	23
Figura 12 - Edifício Paulo Quintela	25
Figura 13 - Temperaturas Médias Anuais em Bragança	26
Figura 14 - Umidades Relativas Anuais em Bragança	26
Figura 15 - Carta Bioclimática referente a Bragança	27
Figura 16 - Vista frontal e de uma das fachadas laterais do edifício	33
Figura 17 - Modelagem no Sketchup.....	35
Figura 18 - Visualização inicial do Sefaira	36
Figura 19 - Visualização da página principal do Energy Plus.....	38
Figura 20 - Visualização da página inicial para a edição dos detalhes	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estratégias Bioclimáticas e Soluções Passivas para a Região de Bragança	10
Tabela 2 - Caracterização das casas da Cidadela.....	22
Tabela 3 - Caracterização das casas do bairro Além do Rio	24
Tabela 4 - Caracterização do resto da Zona Histórica	24
Tabela 5 - Caracterização da Zona Histórica	24
Tabela 6 - Taxas de impostos para incentivos	29
Tabela 7 - Descrição das funções do Sefaira.....	37
Tabela 8 - Temperaturas internas durante o inverno com o XPS interno	42
Tabela 9 - Temperaturas internas durante o verão com XPS interno	43
Tabela 10 - Temperaturas internas durante o inverno com XPS externo	45
Tabela 11 - Temperaturas internas durante o verão com XPS externo.....	46
Tabela 12 - Temperatura interna durante o inverno com a varanda fechada	48
Tabela 13 - Temperaturas internas durante o verão com a varanda fechada	49
Tabela 14 - Temperaturas internas durante o inverno com proteção pelo lado interno.....	50
Tabela 15 - Temperaturas internas durante o verão com proteção pelo lado interno	51
Tabela 16 - Temperaturas internas durante o inverno com proteção pelo lado externo	52
Tabela 17 - Temperaturas internas durante o verão com proteção pelo lado externo	53
Tabela 18 - Resultados obtidos através das modelagens	54

1. INTRODUÇÃO

A arquitetura vernacular presente em alguns edifícios situados na zona histórica de Bragança revela a variação dos materiais utilizados em comparação com outras regiões. A adaptação com as condições ambientais locais fez com que os edifícios assumissem uma identidade própria que caracteriza a imagem arquitetônica da região. Devido à falta de meios, as casas foram construídas com os recursos disponíveis à época, maximizando-se o aproveitamento dos materiais e energias locais. Estes princípios de adaptação das construções ao ambiente local são os princípios pelos quais se rege a construção bioclimática.

Com o passar dos tempos estes edifícios foram envelhecendo, surgindo neles cada vez mais patologias, bem como uma não adaptabilidade às exigências de qualidade atuais quer de conforto quer funcionalidade. Sendo assim, intervenções de reparação e mesmo de reabilitação tornam-se necessárias para deixar os edifícios novamente habitáveis, ou com as condições de conforto desejadas.

Aliar as ideias que estão na base de uma arquitetura bioclimática às intervenções necessárias nos edifícios em termos de reabilitação, tem sido uma preocupação cada vez maior nos tempos atuais.

A arquitetura bioclimática surge como solução para a diminuição do impacto ambiental causado pelos edifícios, principalmente para fazer uma relação de técnicas construtivas que beneficiem o edifício com relação a gastos energéticos e com as condições climáticas internas.

Uma construção bioclimática tende a harmonizar a construção em si com o meio ambiente que a envolve, aproveitando as disponibilidades de radiação solar, por exemplo, nas decisões construtivas.

Na Zona Histórica de Bragança é possível a verificação de algumas técnicas construtivas, assim como é possível identificar também quais casas passaram por reabilitação nos últimos anos.

1.1. Objetivos

Por meio deste estudo tem-se como objetivo geral analisar as possíveis técnicas bioclimáticas de intervenção para as residências da Zona Histórica de Bragança, assumindo

como horizonte uma possível melhora nas condições de habitabilidade dos edifícios, levando a uma otimização nos gastos energéticos.

São objetivos específicos deste trabalho a verificação da situação construtiva e habitacional das casas na zona estudada, analisar uma casa em específico da região que possui uma característica de construção comum, fazer um estudo de qualidade térmica e energética de algumas soluções.

A análise do estudo de caso enfatizou-se em:

- A diferença da qualidade térmica do isolamento pelo lado externo e interno das paredes de inércia;
- Estudo da viabilidade da aplicação de uma estufa anexa na varanda da residência;
- O estudo do comportamento térmico com proteções na estufa anexa.

1.2. Estrutura da tese

A presente tese é dividida em 6 capítulos, tendo no primeiro uma introdução ao tema, objetivos e estrutura do trabalho.

No Capítulo 2, tem-se a revisão sobre a reabilitação bioclimática, identificando a importância para as residências quanto ao clima regional e com relação os gastos energéticos. Algumas soluções construtivas são explicadas junto às indicações, vantagens e desvantagens.

O Capítulo 3 apresenta uma revisão da Zona Histórica da cidade de Bragança, onde são apontadas como eram realizadas as construções nesses locais antigamente e como estão atualmente. Ainda, o capítulo mostra uma quantificação e caracterização das casas nessa zona da cidade. O Capítulo 3 descreve ainda as condições climáticas referente a região de estudo.

O Capítulo 4 descreve, em sua integridade, o decreto-lei que está em vigor no país atualmente e também o Plano Pormenor considerando a área urbana da Zona Histórica e suas exigências, além de citar alguns programas de apoio e as isenções que alguns edifícios possuem nessa área.

No Capítulo 5 é abordado um estudo de caso em uma edificação dessa área, a qual tem a apresentação dos materiais e métodos construtivos originais e possíveis alterações e

implementações para uma melhoria energética, realizando através de alguns programas esse estudo.

No Capítulo 6 apresenta as análises e resultados das modelagens realizadas, identificando as vantagens de cada uma com relação a eficiência energética da residência.

Por fim, o Capítulo 7 apresenta as conclusões do estudo realizado e os possíveis trabalhos futuros.

2. REABILITAÇÃO BIOCLIMÁTICA

2.1. Projeto bioclimático

Anteriormente à descrição dos princípios da reabilitação bioclimática, é importante a análise dos conceitos ligados à arquitetura bioclimática em que as construções são projetadas para facilitar o uso da energia solar disponível no local em função das necessidades de aquecimento e de arrefecimento. Sendo assim, o *design* do edifício está pensado com a função de permitir a melhor forma de utilização do potencial disponível para as suas necessidades de energia.

O termo projeto bioclimático é utilizado frequentemente para processos de otimização de construções cujo objetivo é alcançar um nível melhor de eficiência energética. Desta forma, pode-se afirmar que as construções projetadas conforme os princípios de um projeto bioclimático envolvem o correto aproveitamento dos aspectos climáticos específicos de sua localização, realizando a apresentação da melhor solução estratégica quanto às tecnologias adotadas, às necessidades dos ocupantes e às características do clima local para o projeto do edifício, conforme ilustrada na Figura 1. Sendo assim, afirma-se que a arquitetura bioclimática, estando presente no projeto bioclimático, é utilizada para caracterizar as envolventes que influenciam no desempenho energético do edifício considerando a natureza dos materiais.

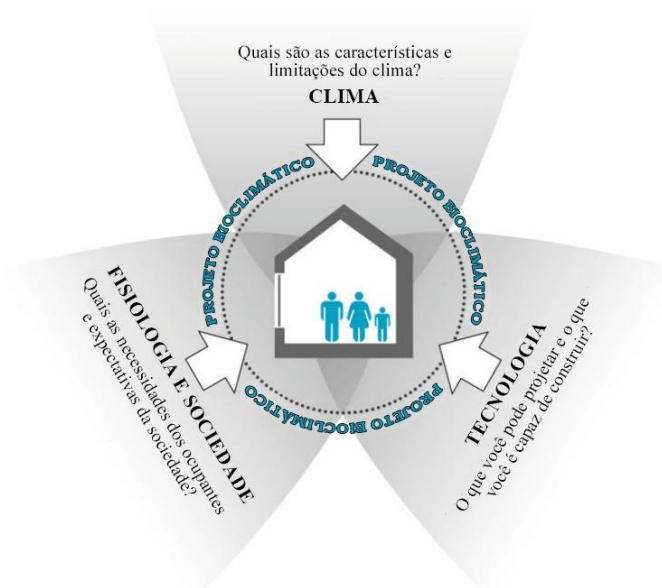


Figura 1 - Os três constituintes básicos do projeto bioclimático [1]

O desenvolvimento e a relevância da situação histórica do *design* bioclimático nos edifícios podem ser vistos por meio de vários exemplos. As arquiteturas tradicionais

normalmente apresentam algumas características bioclimáticas especificamente adaptadas para o clima de suas localidades. Se aplicadas corretamente com suas especificidades, os sistemas bioclimáticos fornecem conforto térmico adequado [1].

Para um projeto bioclimático existem duas abordagens possíveis: a analítica e a sintomática. A abordagem analítica leva em consideração inicialmente os dados climáticos da localização, as possibilidades de adaptação bioclimática, a ligação do clima com as envolventes do edifício, resultando na concepção de novos edifícios em relação às características climáticas identificadas. Já a sintomática considera inicialmente a adaptação dos edifícios vernaculares ao clima, sendo decididas quais as medidas bioclimáticas para aplicação, finalizando com a implementação de novas tecnologias bioclimáticas com edifícios tradicionais já existentes [1].

Do ponto de vista da arquitetura bioclimática os climas podem ser classificados da seguinte forma: quente e úmido, quente e árido, temperado ou frio, remetendo à classificação climática de Köppen [1].

O clima quente e úmido é característico das regiões concentradas entre os Trópicos de Capricórnio e de Câncer, o qual apresenta altas temperaturas, com pequenas variações anuais e diurnas, além de uma alta umidade.

O clima quente e árido está presente em regiões geográficas posicionadas mais afastadas da linha do Equador, tendo como característica apresentar quantidades pequenas de precipitação durante o ano com altos níveis de radiação solar, levando assim a elevadas temperaturas do ar.

O clima temperado é característico por apresentar as quatro estações bem definidas, e está presente principalmente em regiões como Europa, América do Norte e Ásia, sendo dividido em mediterrâneo, continental e oceânico. O primeiro apresenta inverno curto e de temperaturas baixas com um verão longo e seco com temperaturas oscilando entre 18 °C e 25 °C. Já o continental apresenta verões não muito quentes e não registra a ocorrência de temperaturas muito baixas. Pela influência da continentalidade apresenta uma grande amplitude térmica anual. O clima oceânico é caracterizado por um verão um pouco mais úmido que o inverno, tendo uma distribuição de chuvas durante o ano todo e uma pequena amplitude térmica anual.

O clima frio é restrito a grandes latitudes e altas elevações, apresentando 10 °C como temperatura média do mês mais quente e -3 °C para o mês mais frio. As oscilações de temperatura no inverno chegam a 5 °C e no verão até 10 °C.

Analisando os diferentes climas descritos, foi identificado que Bragança apresenta um clima Temperado mediterrâneo de influência continental, caracterizado por um inverno frio e úmido e verão quente e seco. A pluviosidade é maior no inverno.

2.2. A Reabilitação Bioclimática

Algumas construções presentes nas cidades de Portugal estão em estado deficitário em relação ao seu estado inicial, pois sofreram com o passar do tempo ações provenientes dos agentes de deterioração e de alterações humanas. Além do estado de degradação em que se encontram alguns edificadas, muitos deles também não apresentam condições de conforto, estando inadequados às necessidades atuais dos moradores, que manifestam exigência quanto a este aspecto. Existem também edifícios que estão descaracterizados ou até mesmo próximos à ruína. Faz-se necessária, portanto, a intervenção com trabalhos de reparação, restauro e/ou reabilitação.

A reparação pode ser classificada como um processo de eliminação de patologias situadas em locais pontuais, ocorrendo em casos mais simples e de realização mais instantânea, reestabelecendo a função antes requerida [2], [3].

O restauro é o conjunto de operações destinadas a reestabelecer a unidade de edificação do ponto de vista da sua concepção e legibilidade originais, ou relativa a uma dada época ou conjunto de épocas. O restauro, então, pode ser definido como conjunto de trabalhos que restabeleçam o aspecto ou estado original do edificado, usando para tal as mesmas técnicas de execução [2], [3].

A reabilitação é um processo que possibilita um uso eficiente de uma propriedade, preservando as características históricas e culturais, perfazendo também alterações e beneficiações que são necessárias para o edificado na sua atual função e nas exigências contemporâneas [2], [3].

A reabilitação seria o método para garantir a longevidade de muitos patrimônios arquitetônicos, não os deixando cair em esquecimento ou até mesmo em abandono e ruína. Esses patrimônios são necessários para transcrever as histórias das cidades e de suas evoluções.

Estes processos atualmente são relativamente onerosos, pois podem envolver questões jurídicas e econômicas que não permitem que o processo seja de fácil execução. A reabilitação depende, ainda, do tipo, da localização e do valor arquitetônico do edifício.

Reabilitar exige uma preparação especial de todos os intervenientes quanto ao conhecimento da construção, que envolve os materiais e técnicas construtivas. Em síntese, reabilitação requer uma especialização centrada nos constrangimentos, sendo eles a localização e a história envolvida, que o ato de reabilitar necessariamente comporta [4].

Hoje em dia, com a atual preocupação mundial na preservação do meio ambiente e da redução dos impactos ambientais, tem-se a preocupação de aplicar técnicas de construções sustentáveis visando a reutilização de recursos ou sugerindo a aplicação de materiais renováveis e recicláveis, protegendo o meio ambiente e ao mesmo tempo criando ambientes propícios para moradia. Surge assim, o conceito de reabilitação bioclimática.

Com relação à proteção ambiental, pode-se levar em consideração a preferência de materiais naturais ao invés dos industriais por consumirem grande quantidade de energia e produzirem gás carbônico. Evitar demolições e reutilizar os materiais para quando for necessário reconstruir também correspondem às boas práticas de construções sustentáveis [4].

O recurso à reabilitação bioclimática tem como objetivo a adequação do edifício ao clima local através de um projeto adequado em que inclua soluções bioclimáticas adequadas, utilizando recursos naturais e locais, e técnicas específicas para o manuseio correto, diminuindo desta forma o impacto ambiental e o consumo de energia.

Um dos aspectos principais da reabilitação bioclimática é melhorar a eficiência energética dos edifícios, que consiste na utilização racional de energia de forma a gerar o menor gasto possível.

O artigo 194º do Tratado sobre o Funcionamento da União Europeia (TFUE) apresenta o plano de ação com relação a eficiência energética do continente europeu, esclarecendo algumas obrigações para os próximos anos. A Diretiva 2010/31/EU, presente no tratado citado possui algumas disposições atribuídas a melhoria da eficiência em prédios novos e existentes. Sua transposição para a legislação nacional de Portugal deu-se através do Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto, que une em um só documento o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios – SCE, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação – REH e o Regulamento de Desempenho Energético de Comércio e Serviços – RECS[5].

O REH divide os edifícios em três categorias: edifícios existentes, edifícios novos e edifícios existentes sujeitos a grande intervenção. Os edifícios sujeitos a grande intervenção são aqueles que estão sujeitos a obras de intervenção direta no desempenho energético, em que se verifique o custo da obra superior a 25% do valor da totalidade do

edifício. Um ponto importante com relação ao consumo energético dos edifícios é a apresentação de um certificado energético, que informa aos cidadãos sobre a qualidade térmica da residência, a partir de sua construção, grande reabilitação, venda ou arrendamento. Existem oito classificações possíveis, A+, A, B, B-, C, D, E e F, sendo A+ a de melhor classificação e F a menos eficiente, sendo que os edifícios novos deverão ter no mínimo a classe B-, o que não aconteceu em Portugal, em 2014 a ADENE [6] fez uma pesquisa na qual identificou uma classe de eficiência energética média C, evidenciando que a exigência mínima de eficiência energética não estava sendo cumprida. Os edifícios sujeitos a grandes intervenções devem obter no mínimo a classe C. Os restantes edifícios existentes poderão apresentar qualquer classe.

A preocupação no comportamento térmico dos edifícios com necessidades de reabilitação, está bem enquadrada atualmente pelo Decreto-Lei 95/2019, que contempla uma abordagem para o Comportamento Térmico e Eficiência Energética, traduzidas nas Portarias nº 297/2019 de 9 de setembro e nº 303/2019 de 12 de setembro. Esta legislação vem estabelecer requisitos específicos para os edifícios de habitação, com construção anterior à aplicação do primeiro regulamento sobre o comportamento térmico de edifícios, o Decreto-Lei n.º 40/90 de 6 de fevereiro.

Segundo a Diretiva 2018/844 do Parlamento Europeu, que veio alterar a Diretiva 2010/31/EU [7], embora ainda não esteja transposta para legislação nacional, os procedimentos a efetuar em edifícios existentes deverá seguir as seguintes etapas:

- 1 - Correção das patologias construtivas existentes;
- 2 - Redução das necessidades de consumo de energia intervindo na envolvente;
- 3 - Fomento da utilização de energias renováveis e atuação ao nível da eficiência dos sistemas energéticos.

Estas etapas incluem basicamente os princípios da reabilitação bioclimática, na qual, além da proteção ambiental, outros critérios devem ser considerados, como a preservação de valores culturais e as viabilidades técnica e econômica.

Os processos de reabilitação atualmente não são realizados sem os devidos estudos ou análises, do próprio edifício e de sua situação. É necessário que satisfaçam as necessidades do edificado sem prejudicar as próximas gerações devido aos materiais utilizados, devendo proporcionar durabilidade, qualidade e sustentabilidade. Algumas estratégias da reabilitação bioclimática foram então criadas para tirar o máximo de proveito

das condições climáticas e dos recursos naturais e estão divididas em dois sistemas distintos: os passivos e os ativos.

Para a utilização dos sistemas são analisados alguns fatores como: ventilação natural, iluminação natural, vegetação predominante na região, materiais sustentáveis e principalmente as condições climáticas durante o ano, para a identificação das variadas estratégias.

Os sistemas passivos podem ser considerados a melhor forma de implementação da arquitetura bioclimática. Consistem em sistemas construtivos aplicados juntamente aos edifícios, utilizando meios naturais para aquecer ou resfriar o ambiente interno, fazendo com que as condições interiores sejam confortáveis sem a necessidade de sistemas ativos de refrigeração e aquecimento. Estes tipos de sistemas são mais eficientes em ambientes que possuam uma grande diferença nas temperaturas diurnas e noturnas [8].

As estratégias de aquecimento passivo utilizam componentes do próprio edifício para realizar a recolha, o armazenamento e a distribuição de ganhos de calor solar com o intuito de reduzir a necessidade de aquecimento do ambiente. Os sistemas passivos podem favorecer a iluminação diurna com janelas bem posicionadas e bem isoladas para evitar perda de calor, assim como podem disponibilizar ventilação natural que permite ganho e perda de calor. Também estão inseridas no contexto de sistemas passivos as paredes de grande massa térmica, que podem melhorar o desempenho do edifício em relação ao aquecimento e arrefecimento, contando também com os isolamentos das envolventes [8].

Os sistemas ativos estão diretamente relacionados com energias renováveis, diminuindo o consumo da energia convencional, precisando ser equacionados para a sua aplicação. Este tipo de sistema leva em consideração a luz solar como sua principal fonte, rastreando o movimento do sol para maximizar a incidência da luz solar direta, alguns exemplos são: coletores solares para o aquecimento de água, painéis fotovoltaicos para a utilização de energia elétrica na residência e também sistemas híbridos de arrefecimento por evaporação [8].

Exemplo de estratégias bioclimáticas passivas que podem ser implementadas, conforme as demandas dos edifícios na região de Bragança, encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Estratégias Bioclimáticas e Soluções Passivas para a Região de Bragança

Estação	Estratégias Bioclimáticas	Sistemas Passivos
Inverno- Estação de Aquecimento	Promover Ganhos Solares	Todos os sistemas de ganho são adequados para os tipos de edifícios mais convenientes
	Restringir Perdas por Condução	Isolar Envolvente
	Promover Inércia Forte	Paredes pesadas com isolamento pelo exterior
Verão - Estação de Arrefecimento	Restringir Ganhos Solares	Sombrear Envidraçados
	Arrefecimento Evaporativo	Promover ventilação com pequenas velocidades de ar através de fontes, espelhos de água, etc.
	Ventilação	Ventilação transversal (noturna) Tubos enterrados
	Promover Inércia Forte	Paredes pesadas com isolamento pelo exterior

Fonte: [9]

Estas estratégias podem ser implementadas nos edifícios de diversas maneiras. Muitas delas existem nos edifícios de arquitetura vernacular, aplicadas de forma empírica, o que resultou em estilos construtivos tão peculiares e diferentes de região para região. A seguir estão descritas algumas soluções que vão de encontro a estas estratégias bioclimáticas referidas e que podem ser utilizadas na reabilitação de edifícios tradicionais na região de Bragança.

O Projeto BIOURB inventariou na zona fronteiriça entre Portugal e Espanha (mais concretamente entre as zonas abrangidas pelos municípios de Bragança, Miranda do Douro, Vimioso, Mogadouro, Salamanca e Zamora) as seguintes soluções bioclimáticas, como sendo as mais representativas: parede de inércia, estufa anexa, cobertura captadora, espaço de transição orientado, parede verde, cobertura verde, arrefecimento evaporativo, climatização geotérmica [10]. As mais representativas no concelho de Bragança são a Parede de Inércia e Estufa Anexa. Será nestas soluções bioclimáticas que este estudo irá incidir.

2.2.1. Parede de Inércia

A parede de inércia é um método passivo que consiste em paredes com elevada massa térmica, podendo ser de pedra ou adobe, com o objetivo de colaborar com o edifício quanto à sua temperatura interna, deixando-a agradável apesar da temperatura externa do local.

Segundo Vaz *et al.* (2013) [10]: “A inércia térmica traduz-se na dificuldade que um corpo tem em mudar a sua temperatura, ou seja, na capacidade em armazenar calor e libertá-lo ao fim de um período de tempo. A inércia térmica está associada a elementos constituídos por materiais densos e pesados”.

O sistema construtivo de paredes de pedra foi desenvolvido em função dos recursos disponíveis para utilização na época e pelo valor que os proprietários poderiam pagar. As paredes de pedra, exemplificadas na Figura 2, são constituídas por pedras de diversos tamanhos e origens, variando o modo de encaixe e a argamassa utilizada para a colocação. Estas paredes de elevadas espessuras dão aos edifícios sustentação autoportante, proteção contra a água da chuva, isolamento acústico, além de proporcionar um balanço térmico entre os espaços internos.



Figura 2- Paredes de Inércia em Pedras

A grande massa que essas paredes possuem colabora de forma significativa para o conforto térmico nos edifícios, especialmente em edificações que sofrem grande incidência solar durante o ano, sendo, portanto, considerada como sua principal vantagem.

Leonforte et al. (2015) [11] realizaram um estudo sobre inércia térmica e eficiência energética e concluíram que a capacidade térmica possui um efeito positivo parecendo ser mais relevante para climas moderados, como no sul da Europa e na região do Mediterrâneo. Em estações intermediárias, a estratégia pode funcionar como fator estabilizador da dinâmica térmica de todo o sistema de construção. Os autores também observaram a contribuição positiva nos edifícios por esse sistema quando combinados com outras estratégias de economia de energia operadas da maneira correta.

Sua desvantagem está presente no seu modo de execução, que envolve mão-de-obra especializada, pode gerar altos custos dos materiais, transporte dos mesmos e dificuldades construtivas.

Após uma análise visual na Zona Histórica observou-se que essa solução foi bastante utilizada na construção das residências antigamente estando presente até os dias atuais. Utilizando-a numa possível reabilitação de edificações, para aproveitar a sua qualidade de massa térmica, o ideal é a aplicação de um isolamento térmico pelo exterior da fachada para o melhor armazenamento de calor e regularização das temperaturas.

2.2.2. Estufa Anexa

O sistema construtivo Estufa Anexa, presente na Figura 3, também se enquadra no método passivo. A Estufa Anexa, está sempre incorporada na envolvente do edifício, com ligação para os outros espaços internos, constituída em sua maior parte por vidros, o que contribui para o efeito estufa, colaborando significativamente para a melhoria do desempenho térmico dos edifícios.



Figura 3 - Estufa Anexa

Segundo Vaz *et al.* (2013) [10] “Os vidros são aquecidos pelo sol que emite radiações em todos os comprimentos de onda. A maior parte está dentro da faixa da luz visível que passa dos vidros para o efeito estufa. Alguma dessa energia fornecida pelo sol vai ser absorvida pelos materiais que estão nesse espaço, que aquecem, libertando posteriormente radiação infravermelha. Essa radiação tem um grande comprimento de onda, que, não conseguindo passar pelo vidro, acaba por ficar aprisionada no espaço, aumentando a sua temperatura”.

Em sistemas construtivos como a estufa anexa a radiação solar é coletada diretamente através de elementos ou espaços das envolventes da construção projetados especificamente para estas finalidades. A radiação é absorvida, armazenada e posteriormente reemitida por radiação ou até por convecção para o próprio ambiente interno [1].

Hugo de Azevedo (2011) [12], estudou a aplicação de estufas para a redução das necessidades de aquecimento verificando benefícios em todos os modelos descritos. Os melhores resultados foram obtidos com os modelos orientados para a fachada sul, quando no hemisfério norte, e com maiores áreas de envidraçados. As reduções no consumo energético foram de aproximadamente 50%.

As Estufas Anexas são sistemas ideais para locais de invernos rigorosos e com disponibilidade de incidência solar para poder absorver o calor emitido durante o dia. No verão podem ter a desvantagem de sobreaquecer o ambiente, portanto o ideal nessa estação do ano seria ter algum tipo de sombreamento para controlar os ganhos solares pelos envidraçados. O recurso a sombreamentos, pode ser feito através, por exemplo, de beirais da cobertura, árvores de folhas caducas ou dispositivos de oclusão e sombreamento.

Conforme Kinney (2007), os dispositivos de oclusão com função de sombreamento permitem encerrar os vãos envidraçados durante a noite e protegê-los dos raios solares durante o verão.

De acordo com Palhinha (2009), os sistemas de sombreamento são classificados conforme a posição que ocupam no edifício, podendo ser aplicados pelo exterior ou interior, entre as folhas de vidros, e conforme sua função na possibilidade de manuseamento, podendo ser fixos ou móveis. Alguns exemplos de elementos de sombreamento são as palas verticais e horizontais, portas de lâminas fixas de alumínio ou até mesmo persianas.

O sombreamento realizado pelo exterior da estufa é mais eficaz para reduzir os ganhos de calor interceptando e dispersando os raios solares antes de atingirem o vidro, evitando dessa forma o efeito estufa. Com os dispositivos interiores, o espaço entre o vidro e o material de oclusão aquece por efeito estufa, transmitindo por convecção esse ganho para o interior do edifício [13].

Os dispositivos exteriores são mais caros em suas instalações e manutenções porém apresentam um importante papel no caráter energético, já os protetores internos tendem a ser mais baratos e mais facilmente ajustáveis, protegendo os moradores somente contra os efeitos da luz direta do sol [13].

Para um melhor aproveitamento dessas estufas o ideal seria que o edifício estivesse orientado geograficamente para o sul. Elas também são utilizadas como elementos decorativos das sacadas e varandas.

Dentre as vantagens das Estufas, pode-se citar a fácil introdução em varandas e terraços já existentes, considerando a ventilação necessária para a residência. Por manter o local fechado em relação aos agentes climáticos (chuvas, ventos, etc.) do meio externo, a Estufa Anexa pode-se transformar em um ambiente de lazer e convívio adequado, além de possuir custos de manutenção e conservação baixos. A mão-de-obra para a instalação não necessita ser especializada e sua instalação pode reduzir o consumo de energia no inverno, levando assim a uma poupança energética e uma diminuição dos gases de efeito estufa.

Na Zona Histórica de Bragança pode-se notar que esse sistema construtivo foi utilizado em algumas residências, na sua maioria é possível a identificação de que não foram construídas há muito tempo. Também consegue-se notar que existem residências que podem eventualmente adotar essa solução para uma reabilitação.

Uma solução que apresenta uma funcionalidade similar com a estufa anexa porém mais recente é a parede trombe, onde pode ser inserida nas residências sem alterar a estética.

Apresentando no lado exterior um vidro recebendo a radiação solar e ao fundo uma parede de inércia térmica, favorecendo o edifício de conforto térmico.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ZONA HISTÓRICA DE BRAGANÇA

3.1. Introdução

Atualmente é possível analisar e realizar estudos sobre as edificações das cidades, o que permite a observação dos materiais, métodos construtivos e até mesmo a estimativa da idade das mesmas. Algumas modificações podem ser feitas para adequá-las às variedades climáticas de cada região e para atender às necessidades da população. Cidades como Bragança, que apresentam uma longa história, possuem algumas alterações no seu traço urbano original devido à degradação natural que as edificações sofreram.

Sabe-se que durante alguns séculos, as cidades, vilas e aldeias foram crescendo e evoluindo de maneira exponencial, modificando a identidade histórica urbana, mas sem comprometer a possibilidade de identificação dos vestígios do passado. Sendo assim, torna-se imprescindível a compreensão da história e de suas conseqüentes evoluções durante o tempo, permitindo um conhecimento mais aprofundado do crescimento urbanístico de uma cidade ou vila [14].

Quando se diz espaço urbano é possível fazer uma interligação também sobre patrimônio histórico, valores culturais e valores patrimoniais porque estes assumem uma importância fundamental no estabelecimento de uma identidade territorial, podendo ser mais precisamente observados na Zona Histórica da cidade, conforme Figura 4. Segundo Bragança (2020) [15]: “Se a cidade é o reflexo da sociedade, não é menos verdadeiro que, por sua vez, a cidade afeiçoa a sociedade.”

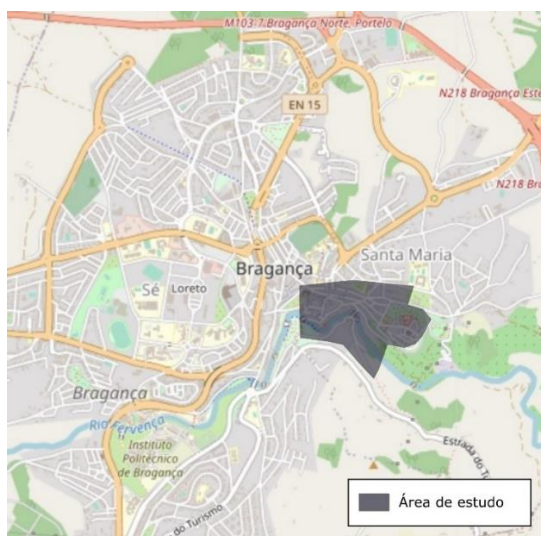


Figura 4 - Zona Histórica de Bragança

Em termos urbanísticos pode-se dividir a cidade de Bragança em duas partes: a parte interna às muralhas do castelo (a Cidadela), e a cidade que está para além dos muros desenvolvida a partir dos séculos XIV e XV, conforme Figura 5. Sendo a Zona A, a Cidadela, Zona B, parte da Zona Histórica que está ao lado esquerdo do Rio Fervença e Zona C, bairro Além do Rio, sendo, portanto as zonas B e C fora das muralhas do castelo.

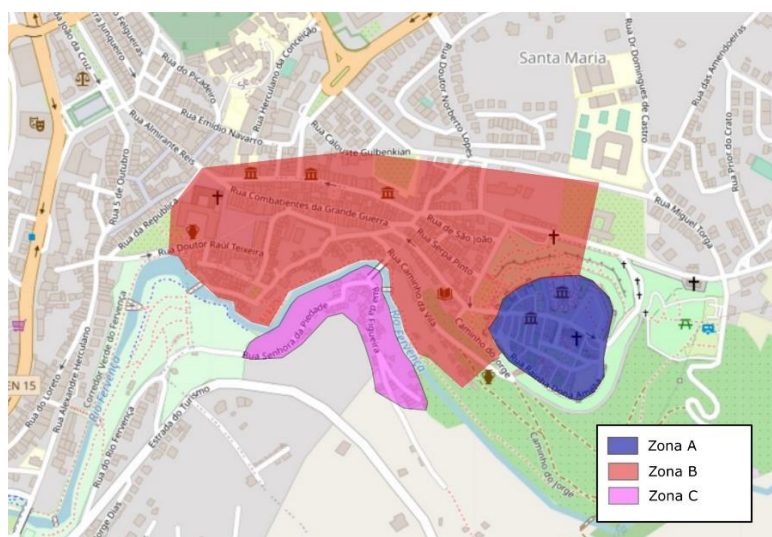


Figura 5 - Zonas especificadas da região estudada

Essa divisão da cidade evidencia diferenças entre as edificações das duas partes. Os edifícios foram sendo construídos conforme a necessidade das pessoas, variável ao longo do tempo e refletidas em diferentes estilos construtivos.

Apesar disso a conservação do passado não é oposta à evolução, mas sim à renovação de uma cidade. Ribeiro (1955) [14] afirma que “quase todas as cidades portuguesas (tomando neste sentido também as vilas de fisionomia urbana) ascendem a um passado remoto e conservam, na escolha do sítio na estrutura ou no aspecto, qualquer marca das várias civilizações que a sua longa vida presenciou”.

A cidade de Bragança, dentre outras em Portugal, sempre teve e continua sofrendo inúmeras intervenções com a finalidade de recuperar as suas edificações. Por se tratar de muitos edifícios antigos, faz-se necessária a avaliação do estado atual do edificado.

Atualmente, pela localização distante dos centros de decisões do país, Bragança ganhou uma importância fundamental para a região de Trás-os-Montes, sendo assim, a cidade se manteve como polo de atração para a fixação da população baseada em um forte investimento na requalificação urbana e ambiental para melhorar a qualidade de vida dos cidadãos. O tecido urbano foi requalificado em função do tempo, mitigando, dessa maneira, alguns dos problemas da cidade e também com relação as suas características climáticas.

3.2. Cidadela (Zona A)

A cidadela é uma zona pertencente ao centro histórico de Bragança localizada no interior das muralhas do castelo da cidade, sendo parte de uma cerca muito mais vasta, considerada como coração de Bragança, não só por causa de sua geometria, mas também porque o crescimento urbano da cidade, núcleo urbano municipal mais antigo, iniciou a partir dessa zona à volta do castelo, antes uma vila medieval.

Possivelmente em um povoado tão próximo da fronteira tenha sido construído uma linha defensiva neste local, ainda no reinado de D. Sancho I (doador do primeiro foro em 1187). Em 1377, reinava D. Fernando, a “vila” já estaria toda cercada, sendo que o poço do rei e os panos de muralha que a cercam devem datar no século XV no reinado de Afonso V [15].

D. Dinis, nos fins do século XIII, mandou construir o primeiro castelo e é a partir desse castelo que se construiu o que pode se observar nos dias de hoje. As obras foram iniciadas em 1409, sendo terminadas após 40 anos.

A Cidadela apresenta uma rua principal, Rua Fernão, o Bravo, que faz a comunicação das duas portas da muralha (a porta do Sol e a porta da Vila, Figura 6). Esta rua da Cidadela permitia o movimento de pessoas e mercadorias, e além do caráter de comunicação entre as portas também tinha uma função fiscal, sendo cobrados os impostos das mercadorias que chegavam ao local, sendo apresentada na Figura 7 [16].



Figura 6 – Porta do Sol e Porta da Vila e Porta de Santo Antônio



Figura 8 - Ruas da Cidadela

Os edifícios térreos possuíam quase sempre dimensões reduzidas, com o seu interior prolongado em um espaço multifuncional, rodeado de um muro ou outro tipo de vedação. Além da função exclusivamente habitacional, a casa com estas configurações podia ser direcionada a outras utilizações, sendo a de abrigar um forno ou recolha de animais, mas esses tipos de utilizações não as impossibilitaram de serem utilizadas como moradia [17].

As habitações existentes na Cidadela, de um modo geral, não apresentavam condições necessárias de habitabilidade, algo que foi modificado há alguns anos. Tendo na sua maioria idosos habitando e alguns desses edifícios estão abandonados. Outra patologia verificada é a iluminação, limitada, em muitas delas, pela luz que vem da porta de entrada, lembrando as origens medievais das habitações.

Outro tipo de habitação casual na Cidadela são os sobrados, edifícios de dois andares, os quais apresentavam o piso inferior de terra batida, destinado ao apoio da atividade agrícola ou a abrigar animais, ou então diretamente relacionado com um estabelecimento comercial, voltado para o espaço público confrontado pela rua. A casa possuía espaço para armazenamento dos produtos da terra, para abrigos dos animais de trabalho e transporte, e ainda para depósito das matérias necessárias à alimentação destes [17].

Esses tipos de habitações apresentam a cozinha no andar superior, devido ao clima da região e para a cura do fumeiro, com uma indispensável lareira, geralmente construída sobre um apoio feito de cacos de telha amassados com barro ou cal, posicionada de modo

isolado. Apesar de apresentarem lareiras, não existe praticamente nenhuma chaminé, principalmente para evitar perdas de calor.

Nestas casas a construção das paredes externas consiste, em quase sua totalidade, em alvenaria de pedra e barro. A alvenaria era implementada pela sequência de encaixe das pedras de diferentes dimensões umas nas outras, sendo as pedras maiores e mais lisas assentadas no exterior. Para o preenchimento dos vazios utilizavam-se pedras menores e essencialmente barro. Técnica essa muito parecida com a utilizada nos muros de pedra característicos da região de Trás-os-Montes, com exceção do barro.

Na Cidadela atualmente podem ser encontrados edifícios que sofreram algum tipo de reabilitação e que mantiveram a sua arquitetura original com mudança ou não da sua funcionalidade, conforme Figura 9. Através de uma identificação visual pode-se notar também a existência de edifícios habitados, desabitados e mistos, ou seja, com funcionalidade de comércio e também de moradia, tendo como exemplo a Figura 9, e ainda edifícios em estado de ruína como por exemplo uma residência na Rua Dom Manuel II, conforme a Figura 10.



Figura 9 – Exemplos de Casa Reabilitada e Casa Mista



Figura 10 - Exemplo de casa em ruína

Na Tabela 2 pode ser observada a quantificação dos edifícios existentes.

Tabela 2 - Caracterização das casas da Cidadela

HABITAÇÕES NA CIDADELA						
Reabilitadas	Não Reabilitadas	Em Ruína	Habitadas	Não Habitadas	Prédio Misto	TOTAL
27	71	14	83	15	6	112

Pode-se observar que a maioria das casas continuam sendo habitadas e muitas delas possuem moradores que há décadas residem nas mesmas. As residências que sofreram algum tipo de reabilitação correspondem a uma pequena porcentagem na Cidadela. As intervenções foram pontuais em suas fachadas e coberturas, e a análise foi realizada apenas visualmente ao lado exterior da habitação. Poucas casas tiveram sua estrutura danificada ou até mesmo paredes e coberturas colapsadas, anotadas como residências em ruína.

3.3. Zona Histórica fora da Área Muralhada (Zona B e Zona C)

A zona externa à área muralhada começou a se desenvolver um pouco depois da construção da Cidadela, com casas maiores e mais nobres, mas ainda com materiais da região de Trás-os-Montes. Essas casas possuem alguns detalhes mais decorativos nas fachadas e até mesmo em portas e janelas.

Nas casas dessa área, aparece mais frequentemente o granito em soleiras de portas e janelas, com grande diversidade, tanto em vãos como também em varandas [18].

Nesta zona da cidade predominam edifícios com mais de um andar, compreendendo também algumas casas térreas com fachadas planas e pouca profundidade. Nessas casas com mais de um pavimento, a parte do rés-do-chão, em sua grande maioria, é destinada ao comércio, e o resto do edifício, à habitação.

Outras casas que aparecem nessa zona são as casas fidalgas, como a Casa do Arco, conforme Figura 11, casas que são notadas pela sua grandeza e por sua construção que demonstram ter pertencido às antigas famílias que possuíam muitos recursos monetários, conhecidas como abastadas. Nessas casas pode-se observar que são praticamente as únicas a utilizar granito nas paredes exteriores e apresentar detalhes esculpidos à mão nas fachadas, dando um maior valor ao edifício.



Figura 11 - Casa do Arco

Outros edifícios presentes nessa zona são os do bairro denominado Além do Rio, caracterizados por serem destinados aos meios de produção, localizados próximos do rio Fervença.

As residências foram analisadas com metodologia semelhante à adotada para as casas da Cidadela, categorizando-as quanto à presença ou não de melhorias de reabilitações, as que estão em ruína, as que possuem pessoas morando ou as que estão desabitadas, esses dados foram obtidos através de análise visual da residência e também quando possível dos contadores de água ou energia. Essa análise está identificada na Tabela 3, sendo dividida em

duas, uma do bairro do Além do Rio (Zona C) e outra com o resto da Zona Histórica fora do perímetro muralhado (Zona B).

Tabela 3 - Caracterização das casas do bairro Além do Rio

HABITAÇÕES NO BAIRRO ALÉM DO RIO					
Reabilitadas	Não Reabilitadas	Em Ruína	Habitadas	Não Habitadas	TOTAL
16	59	5	58	17	80

Percebe-se que as casas desta parte da Zona Histórica, em sua maioria, estão sendo habitadas e não possuem qualquer tipo de reabilitação, apresentando uma característica mais pobre. A quantidade de casas em ruína também é inferior. Nesta região existe apenas um prédio de caráter público que é o Centro Ciência Viva, prédio que possui estudos com características no foco dos temas da energia e do meio ambiente.

Já do outro lado do rio Fervença está presente a maioria das residências da Zona Histórica, composta por mais edifícios mistos, onde os donos dos comércios trabalham no térreo do edifício e residem no próprio prédio. Essa zona apresenta também mais casas reabilitadas por se situarem numa zona mais nobre. É possível analisar esses dados na Tabela 4. A contagem foi realizada no final do ano de 2019 e início de 2020.

Tabela 4 - Caracterização do resto da Zona Histórica

HABITAÇÕES NO RESTO DA ZONA HISTÓRICA						
Reabilitadas	Não Reabilitadas	Em Ruína	Habitadas	Não Habitadas	Prédio Misto	TOTAL
116	403	72	334	185	99	591

Pela tabela demonstrada é possível a exposição da quantidade de casas que estão contidas desde a Praça da Sé até as muralhas do castelo, apresentando a maior parte das casas da Zona Histórica. O número mais preocupante é o da quantidade de casas em ruínas, por estarem num local com maior apelo turístico. A numeração com todas as partes da Zona Histórica está presente na Tabela 5.

Tabela 5 - Caracterização da Zona Histórica

HABITAÇÕES DA ZONA HISTÓRICA						
Reabilitadas	Não Reabilitadas	Em Ruína	Habitadas	Não Habitadas	Prédio Misto	TOTAL
159	533	91	475	217	105	783

Pode-se observar que a maioria das residências de toda a Zona Histórica não foi objeto de reabilitação, mas grande parte das edificações estão sendo habitadas. Pela contagem realizada foram anotadas 783 casas, desprezando as propriedades pertencentes à Câmara Municipal, como o Edifício Paulo Quintela, conforme Figura 12.



Figura 12 - Edifício Paulo Quintela [19]

3.4. Condicionantes Climáticas da Localidade

Além da situação em que se encontram os edificados outros fatores importantes a serem considerados para o estudo em questão são as condicionantes climáticas da região, como temperatura e umidade.

Na cidade de Bragança o clima predominante possui um verão curto e seco, com poucas nuvens no céu, já o inverno é muito frio, de céu encoberto em sua maior parte e com precipitação. No verão as temperaturas médias diárias estão acima dos 25°C e no inverno abaixo de 12°C [21]. Na Figura 13 estão apresentadas as linhas com as temperaturas médias durante o ano. A linha rosa apresenta as temperaturas máximas e a linha roxa as mínimas.

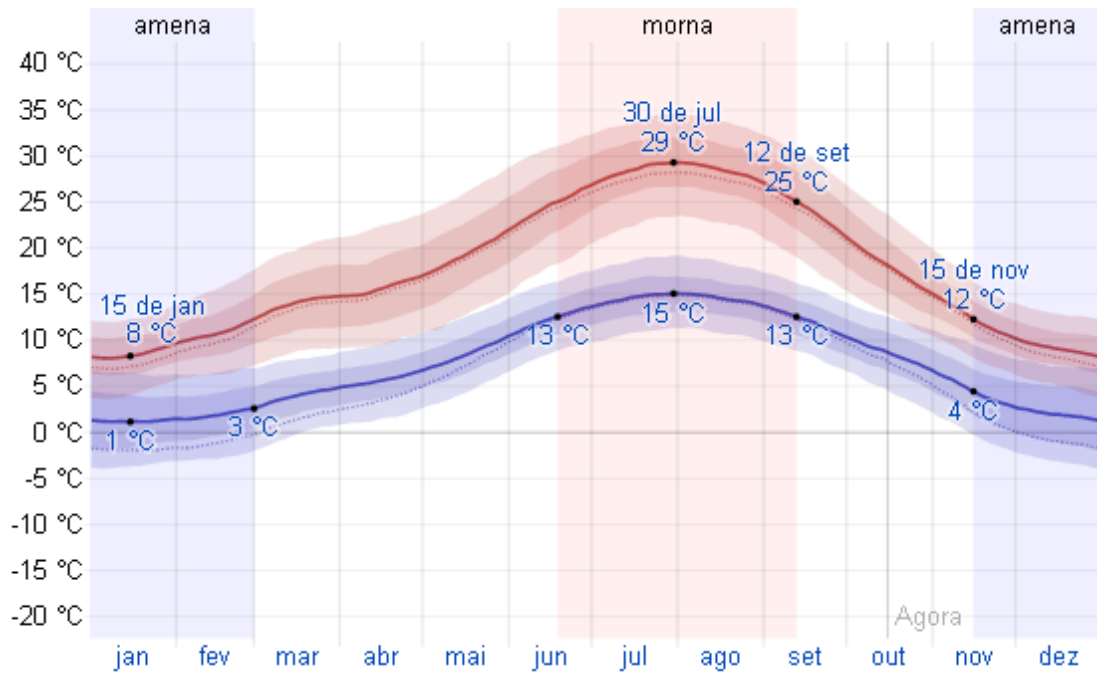


Figura 13 - Temperaturas Médias Anuais em Bragança [20]

Para a análise dos sistemas construtivos outro critério a ser estudado é a umidade local, que varia bastante durante o ano, ficando entre 30% e 100%, conforme a Figura 14.

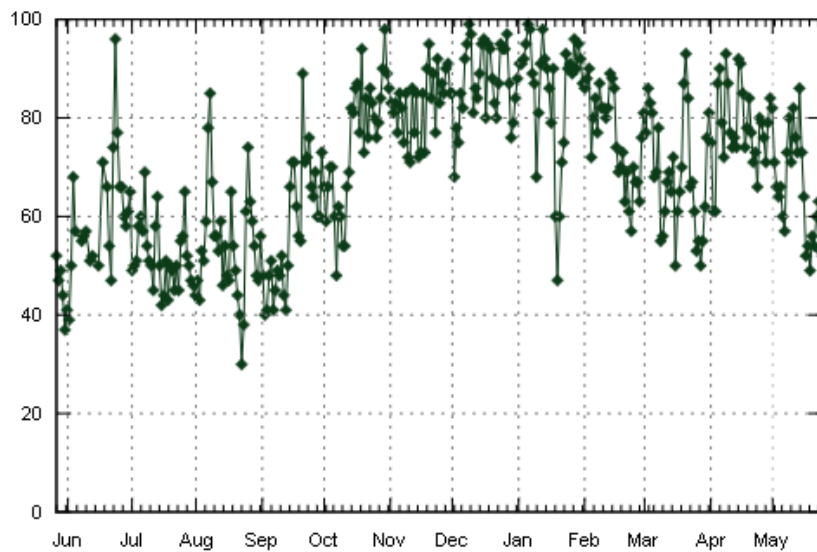


Figura 14 - Umidades Relativas Anuais em Bragança [22]

Com os dados analisados é possível definir uma Carta Bioclimática, a qual auxilia na escolha dos sistemas construtivos mais adequados para cada região, visando o aproveitamento das condições climáticas nas variadas estações do ano.

Para a elaboração da Carta Bioclimática são utilizados alguns dados importantes como: temperatura média do ar, temperatura média das máximas, temperatura média das mínimas, temperatura máxima absoluta, temperatura mínima absoluta e a umidade relativa

média. A carta resulta em zonas que significam quais são as necessidades para o edifício da localidade analisada. A Figura 15 descreve a Carta Bioclimática da região de Bragança.

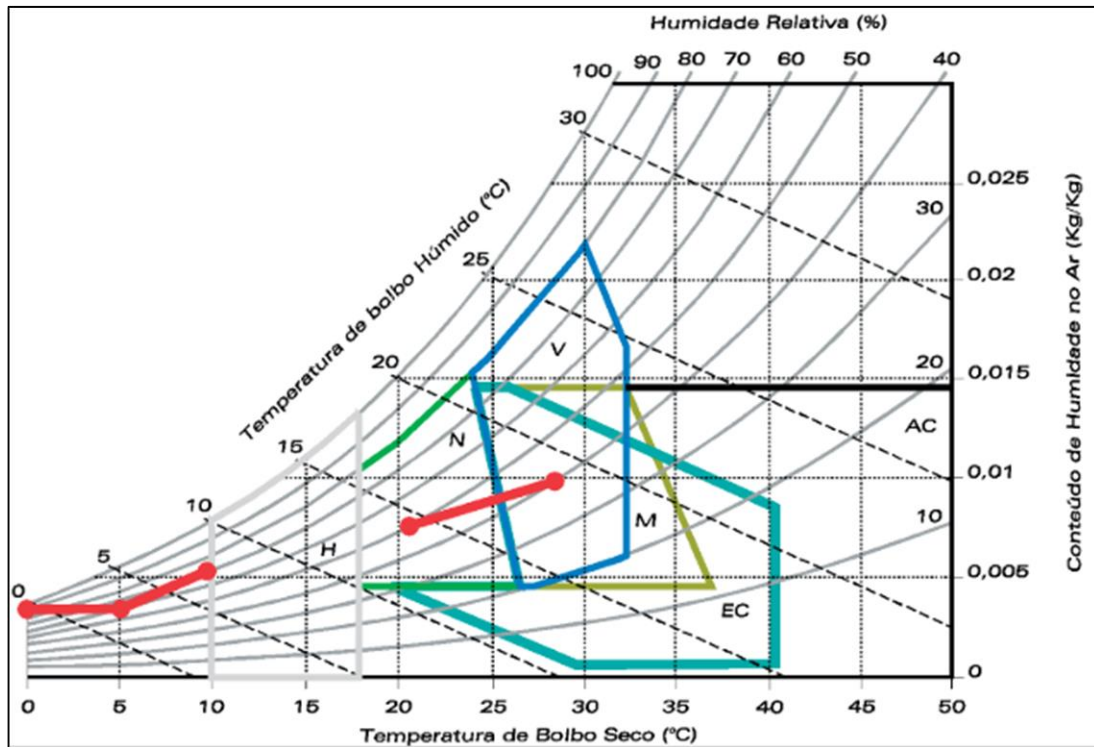


Figura 15 - Carta Bioclimática referente a Bragança [9]

Para a análise da Carta é preciso inicialmente realizar o traçado das temperaturas no inverno e no verão conforme demonstrado na Figura 15. Em seguida verifica-se por quais zonas esses traçados passam a identificar quais estratégias podem ser aplicadas nas edificações que apresentam esse clima.

Por meio da análise da Carta Bioclimática é possível concluir que, como o inverno é rigoroso, é preciso promover ganhos solares com uma boa massa de armazenamento térmico, levando assim a utilização de sistemas passivos de aquecimento mais adequados. Já no verão, como possui um clima seco, é preciso restringir ganhos solares e os sistemas de arrefecimento são os mais adequados.

4. LEGISLAÇÃO EM VIGOR

4.1. Introdução

Cidades como Bragança, que possuem mais de 500 anos de história, apresentam casas e edifícios com traços da antiguidade deixando uma amostra de como eram as construções e arquitetura, o que demanda um certo cuidado para as suas possíveis modificações e reconstruções.

Muitas moradias ainda apresentam as arquiteturas de quando foram construídas, principalmente na Zona Histórica da cidade, onde todas as residências, até hoje, possuem os traços da época.

Poucas décadas atrás, Bragança, por ser uma cidade do interior e estar distante dos maiores centros urbanos do país, Lisboa e Porto, apresentava uma grande migração da sua população jovem, o que dificultava o seu crescimento e desenvolvimento. Nos dias atuais a situação começou a ser revertida com as oportunidades de vários cursos oferecidos pelo Instituto Politécnico de Bragança, permitindo a existência de uma população jovem na cidade.

Foram realizados pela Câmara Municipal da cidade alguns programas de intervenção para os problemas elencados. Leis municipais e até incentivos para a melhoria da parte pública (e também das residências) foram desenvolvidos sempre com a preocupação em que se mantivessem os traços de arquitetura originais.

Alguns desses programas foram: PROCOM/URBCOM que visava o desenvolvimento estimulado da competitividade do setor comercial, Polis que melhorou a qualidade de vida nas cidades através da qualificação urbana e ambiental e Programa de incentivos à recuperação de fachadas e coberturas de imóveis degradados situados na Cidadela de Bragança.[23]

Além dos programas que ajudaram a desenvolver a cidade de Bragança, também foi decidido pela Câmara Municipal a modificação na taxa de impostos para os moradores da região da Zona Histórica para incentivá-los a realizar obras de reabilitação em suas residências, conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Taxas de impostos para incentivos

Impostos	Taxa	Tempo
IMI - Imposto Municipal sobre Imóveis	Isenção da taxa	Isenção da taxa por 5 anos, prorrogável por mais 5 anos após a data de conclusão da reabilitação
IMT - Imposto Municipal sobre as Transições Onerosas de Imóveis	Isenção da taxa	Isenção da taxa da primeira transmissão do imóvel reabilitado, destinado à habitação própria e permanente
IVA - Imposto sobre o Valor Acrescentado	Redução da taxa para 6%	Redução da taxa para empreitadas de reabilitação realizada em imóveis ou em espaços públicos

4.2. Regulamento do Plano de Pormenor para a Zona Histórica de Bragança I

O Plano de Pormenor para a Zona Histórica de Bragança I, colocado em vigor no ano de 2007, tem como base o Decreto-Lei n.º380/99, o qual foi sofrendo algumas alterações conforme o passar do tempo, sendo sua última atualização no ano de 2007, tendo sido aprovado pelo Conselho de Ministros de Bragança.[24]

Este regulamento está destinado a disciplinar o uso, a ocupação e a transformação do solo e as ações sobre as edificações que estão compreendidas na área de intervenção do Plano de Pormenor para a Zona Histórica de Bragança I (PPZHB I), conforme Figura 4, nos termos da legislação aplicável e planos de pormenor.

O Plano em questão é aplicado na área delimitada na zona de implantação PPZHB I, compreendendo a cidadela e o espaço envolvente, também o tecido histórico que se estende até a Praça da Sé e o corredor do rio Fervença. Zona essa que está enquadrada na legislação específica sobre planos municipais de ordenamento do território, definido pelo Decreto-Lei n.º 380/99 de 22 de setembro.[24]

A Câmara Municipal ao realizar esse Plano adotou como objetivos principais estabelecer um conjunto de diretrizes e medidas regulamentares que irão servir de suporte à gestão eficiente e coordenada da área de intervenção compreendida e propor um conjunto de ações que foram desencadeadas pelas instituições competentes ao nível de espaço público e património edificado de exceção, introduzindo uma dinâmica de reabilitação extensível a

generalidade das edificações, por meio de seus elementos fundamentais e que se apoiarão nas fichas de caracterização física, onde se encontra descrito o conteúdo programático das intervenções a efetuar nas residências [24].

As obras que envolvem apenas conservação, mantendo o visual e não alterando o tipo, não necessitam de aprovação na Câmara. Sendo as únicas que precisam as que estão dentro de uma zona de proteção do imóvel classificado, mesmo que não alterem o visual.

As casas que realizaram obras de reabilitação e não estão conforme o Regulamento são autuadas e por meio de fiscalização são obrigados a regularizar a situação da residência.

4.3. Decreto Lei 95/2019

O Decreto Lei 95/2019, é aplicável em operações de reabilitação realizadas em edifícios ou frações autônomas, sempre que sejam destinadas a ser totalmente ou predominantemente para a utilização habitacional.[25]

A sua aplicação ocorre para cada uma das seguintes especialidades de projeto: funcionalidade das habitações, segurança contra incêndios, comportamento térmico e eficiência energética, comportamento acústico, condições de acessibilidade e infraestrutura de telecomunicações.

O novo regime de reabilitação de edifícios e frações autônomas estabelece quais os princípios fundamentais que devem presidir a toda reabilitação de edificados, tendo como objetivo garantir a melhor combinação possível entre o desempenho dos edifícios, em vista às atuais expectativas de conforto e segurança e princípios como a proteção e valorização do existente, a sustentabilidade ambiental e a melhoria proporcional e progressiva do edificado [25].

As principais vantagens deste novo regime são:

- Maior garantia de segurança, conforto e salubridade após reabilitação;
- Incentivo às pequenas intervenções, essenciais para a melhoria da qualidade de vida e aumento da vida útil dos edifícios, com investimentos criteriosos;
- Incentivo à preservação do património construído e da coerência construtiva;
- Redução da produção de resíduos por preservação de elementos construtivos;
- Redução da incorporação de matérias primas e equipamentos;

- Melhor relação custo-benefício global para o edifício.

De forma particular, a proposta para as diversas áreas técnicas pretende promover abordagens globais, bem como o uso de metodologias específicas, que incentivem pequenas intervenções com investimentos criteriosos (essenciais para a melhoria da qualidade de vida e aumento da vida útil dos edifícios), que promovam a redução da produção de resíduos por preservação de elementos construtivos, bem como a minimização da incorporação de matérias primas e equipamentos (e, deste modo, garantir que as operações de reabilitação incorporam o princípio da sustentabilidade, sobretudo na componente material), e, por fim, que melhorem a relação custo-benefício global para os edifícios e habitações, incentivando-se ainda, pela adoção destes princípios, a preservação do património construído e da coerência construtiva, sendo assim portanto, vantajoso o uso de soluções bioclimáticas para reabilitações em edifícios.

5. ESTUDO DE CASO

5.1. Introdução

Para a realização do processo de reabilitação em qualquer edifício é preciso efetuar um levantamento das condições locais, tais como o estado de degradação, bem como eventuais restrições, quer a nível técnico, quer a nível regulamentar. Somente após este reconhecimento pode-se iniciar o processo de reabilitação. Este procedimento contribui para a diminuição dos custos associados à novas intervenções. Em relação à questão bioclimática, o correto diagnóstico de uma intervenção permite atingir as melhores condições de conforto para os moradores e a realização de cálculos de custos com as energias necessárias para prover as residências de desempenho térmico, cumprindo com as exigências regulamentares. Para um melhor entendimento com relação ao desempenho térmico foi realizado um estudo de caso na região analisada.

Para a realização do estudo de caso dessa dissertação foi escolhido um edifício pertencente a Zona Histórica de Bragança, no qual considerou-se sua localização e também a relação dos edifícios arquitetonicamente parecidos fazendo-se necessária uma investigação sobre o valor arquitetônico do edifício a interencionar, que consiste na caracterização dos materiais e elementos construtivos originais. Respeitando esses detalhes, as modificações resultarão em edifícios menos descaracterizados, assim como o conjunto edificado predominante de toda essa zona, referindo-se à essência do método monográfico, estudo de caso.

Tendo em vista estes detalhes, pode-se objetivar esse Estudo de Caso com algumas propostas de intervenções para a reabilitação bioclimática de um edifício de construção tradicional em estado de degradação. Foram idealizadas algumas soluções construtivas, com a presunção de alguns materiais construtivos em função da ausência do projeto estrutural e da lista dos materiais.

Apesar dos edifícios estarem situados na mesma zona da cidade apresentam fachadas orientadas para as mais diversas direções e com a presença ou ausência de janelas nas paredes externas. Estudou-se então a possibilidade, considerando as leis e programas impostos, de uma intervenção para melhorar a eficiência energética do edifício definido como Estudo de Caso.

5.2. Descrição do Edifício

O edifício objeto desse Estudo de Caso é hoje um edifício habitacional desocupado, sendo propriedade da Câmara Municipal de Bragança. Está situado na rua Rainha Dona Maria I, número 90, perto das muralhas do Castelo, próxima à entrada pela Porta da Vila. A casa está representada num mapa, conforme Anexo I. É um edifício de arquitetura bastante simples, como pode ser verificado na Figura 16, e é possível a observação de que os pormenores decorativos e os materiais utilizados na fachada não são considerados nobres. A data de sua construção é desconhecida.

A casa tem sua fachada orientada para Sudoeste, a parede a sudeste está totalmente em contato com a parede do edifício vizinho e as outras duas parcialmente em contato com os edifícios adjacentes a elas. A Figura 16 apresenta algumas fachadas.



Figura 16 - Vista frontal e de uma das fachadas laterais do edifício

O edifício desenvolve-se principalmente em altura, contendo 3 pisos, e nenhum deles possui piso enterrado. Tem um rés-do-chão, em contato com o solo, e outros dois andares superiores. O pé direito dos andares varia, sendo o do rés-do-chão com 2,78 metros, o primeiro piso com 2,90 metros e o segundo piso com 2,70 metros.

A área de implantação do edifício é de 67,54m². Possui um formato de polígono de 4 lados com medidas diferentes tendo suas paredes laterais maiores que a principal e a posterior.

A divisão interna de cada piso, tomando como princípio um estudo prévio por não haver projeto de reabilitação para o edifício em questão (pode ser verificada no Anexo II), apresenta, no rés-do-chão, uma cozinha com local para realizar as refeições com uma grande área, uma instalação sanitária e um compartimento que pode ser utilizado como despensa. O

segundo piso apresenta um grande quarto com disposição para algumas camas, com um grande banheiro, entre essas duas divisões existe a área da escada e de um compartimento com função desconhecida. No segundo piso possui três quartos, uma instalação sanitária e uma varanda, a qual se tem acesso somente pelos quartos que estão disponibilizados na parte frontal do piso, tendo uma vista para o castelo. Não existem partes externas nesse edifício, como por exemplo jardins ou quintais.

5.3. Caracterização Construtiva das Soluções de Reabilitação do Edifício

Uma etapa fundamental no processo de reabilitação de qualquer edifício é a sua caracterização construtiva e identificação dos materiais utilizados originalmente. Este processo pode muitas vezes apresentar uma difícil execução pois alguns edifícios estão degradados ou adulterados devido à perda completa de algum elemento construtivo pela degradação avançada ou por intervenções que sofreram ao longo de sua vida útil. No edifício em estudo, independentemente de apresentar um estado considerável de degradação, não apresenta a perda completa de qualquer elemento construtivo, o que permite as suas identificações. Mesmo assim houve uma certa dificuldade de identificar os materiais construtivos internos à residência devido ao edifício demonstrar perigo de ruína.

Para a habitação em questão não foram obtidos projetos e documentos oficiais datando o edifício, mas aceita-se como hipótese uma idade superior a cem anos. A inexistência do projeto atual de reabilitação tornou a identificação dos materiais e das possíveis técnicas construtivas difíceis. A escolha das soluções viáveis deu-se por referências da literatura e por decisões relacionadas à permissibilidade de algumas estratégias construtivas.

Foram estudadas algumas soluções de reabilitação para o caso de estudo em questão. Inicialmente foi comparada a aplicação de um isolamento térmico na parte interna e outra na parte externa das paredes exteriores, verificando dessa forma qual seria a melhor opção para ser adotada. E após essa comparação seria verificada também a diferença dos resultados da aplicação de uma varanda fechada na residência, levando em consideração também a utilização de proteções internas e externas.

A composição geral adotada para a residência, juntamente com os valores de coeficiente de transmissão térmica, apresenta um piso térreo composto por betão normal, brita e um revestimento cerâmico ($U=0,75 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$), os pavimentos intermediários

compostos de madeira ($U=1,60 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$), as paredes externas e internas compostas de xisto ($U=0,32 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$), a cobertura composta por telhas, lã de vidro e estuques inertes com agregados leves ($U=0,28 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$).

5.4. Descrição da utilização dos programas

Para o estudo de análise da eficiência energética nesta residência em questão, localizada na Zona Histórica de Bragança, foi utilizado o *software* Sketchup, o qual permite uma criação de um modelo visual 3D facilitando a visualização do projeto em estudo.

Foi utilizado um *plug-in* junto ao *software* Sketchup, denominado Sefaira. O *plug-in* possibilitou a definição inicial do contexto construtivo da residência devido à facilidade de comunicação entre o modelo gerado no *software* Sketchup e a definição das variáveis de entrada do *software* Energy Plus.

No *software* Energy Plus são definidas as propriedades térmicas dos materiais que constituem a envoltória, levando a um resultado confiável em relação à simulação energética.

Inicialmente a residência foi modelada conforme plantas e definições anteriormente apresentadas. As descrições dos elementos conforme definidas por meio do *plug-in* Sefaira, estão apresentadas conforme Figura 17.

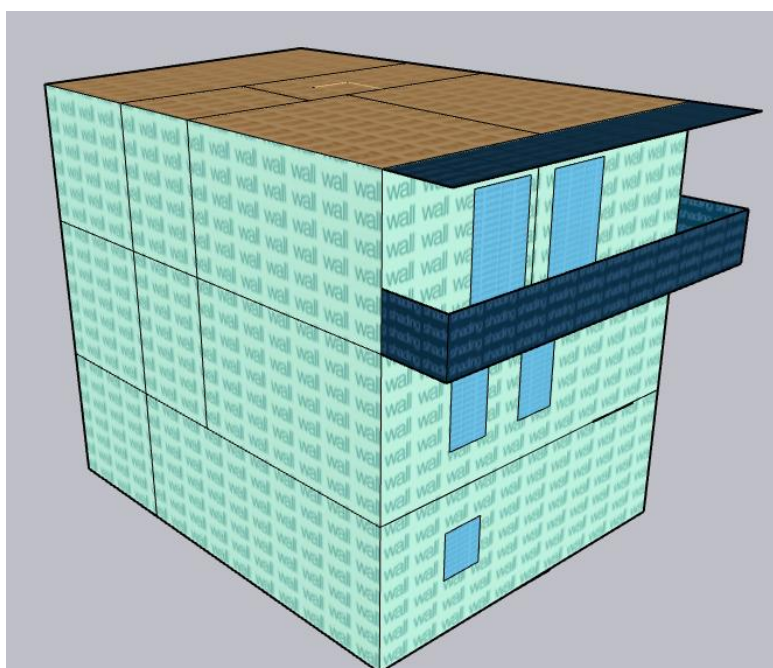


Figura 17 - Modelagem no Sketchup

Logo após a importação do modelo para o Sefaira foram definidos os equipamentos elétricos, a divisão das zonas térmicas da edificação e o sombreamento existente no edifício como possíveis proteções de vão envidraçados. A Figura 18 demonstra a visualização inicial do programa no site em qual foram definidos alguns valores normativos necessário para a modelagem.

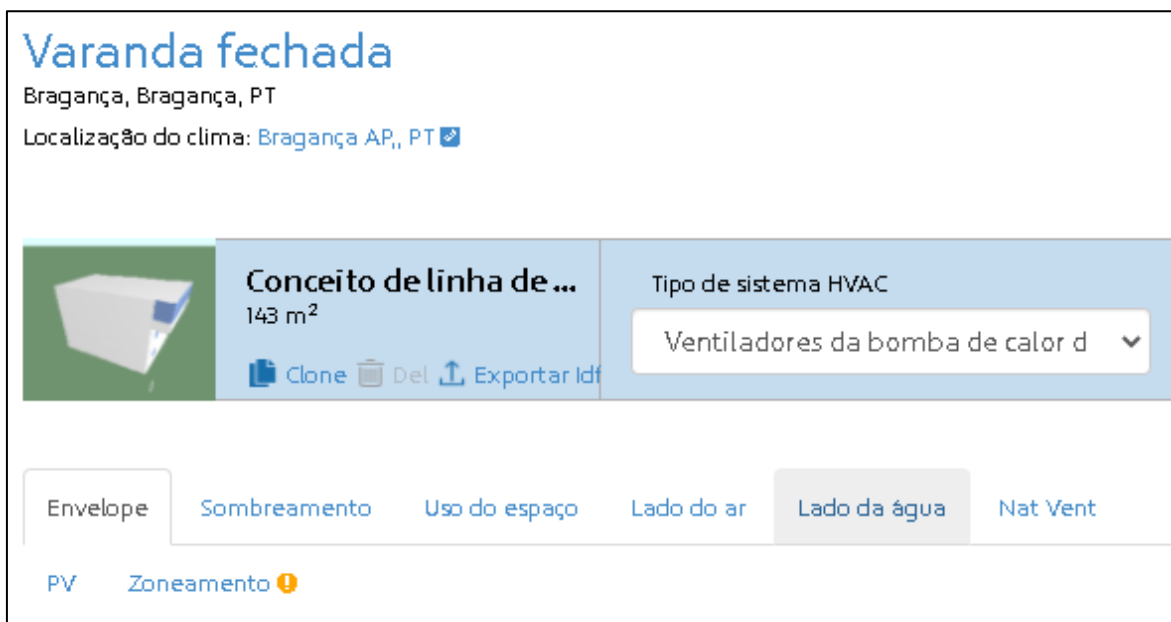


Figura 18 - Visualização inicial do Sefaira

Para uma melhor visualização e entendimento do *plug-in* Sefaira foi realizado na Tabela 7 uma descrição das funções que foram adotadas para as modelagens do projeto e que estão presentes no próprio programa.

Tabela 7 - Descrição das funções do Sefaira

OPÇÕES	FUNÇÕES
Envelope	Inicialmente colocadas as propriedades dos elementos construtivos
Sombreamento	Aplicado se existir algum tipo de proteção nos vãos envidraçados
Uso do Espaço	Inseridos os valores de temperatura de conforto e também as cargas de projeto
Lado do ar	Definição das características dos equipamentos para a climatização do ambiente
Lado da água	Definição das características dos equipamentos para a climatização da água
Nat Vent	Funcionamento dos equipamentos de climatização do ambiente
PV	Aplicação de placas voltaicas quando existente
Zoneamento	Divisão das zonas para a obtenção dos resultados

Em envelope foram colocados inicialmente as propriedades dos elementos construtivos; sombreamento foi aplicado caso houvesse proteção nos vãos envidraçados. Em uso de espaço foram inseridos os valores de temperatura de conforto e também as cargas de projeto. O quesito “lado do ar” foram definidas as características dos equipamentos para climatização do ambiente, e no quesito “lado da água” houve a definição das características dos equipamentos para climatização da água. No tópico “Nat Vent” foi descrito o funcionamento dos equipamentos de climatização de ambiente. “PV” seria utilizado se fosse aplicado no projeto placas voltaicas e em “zoneamento” qual seria a divisão das zonas para a obtenção dos resultados.

Após essas definições o modelo foi exportado em formato “idf” para o Energy Plus conforme a Figura 19 e a Figura 20. No EnergyPlus foram feitas verificações das temperaturas do local, a aplicação de todas as características dos materiais, e alguns detalhes idênticos aos do Sefaira foram inseridos, porém com mais especificidade conforme as normatizações e legislações.

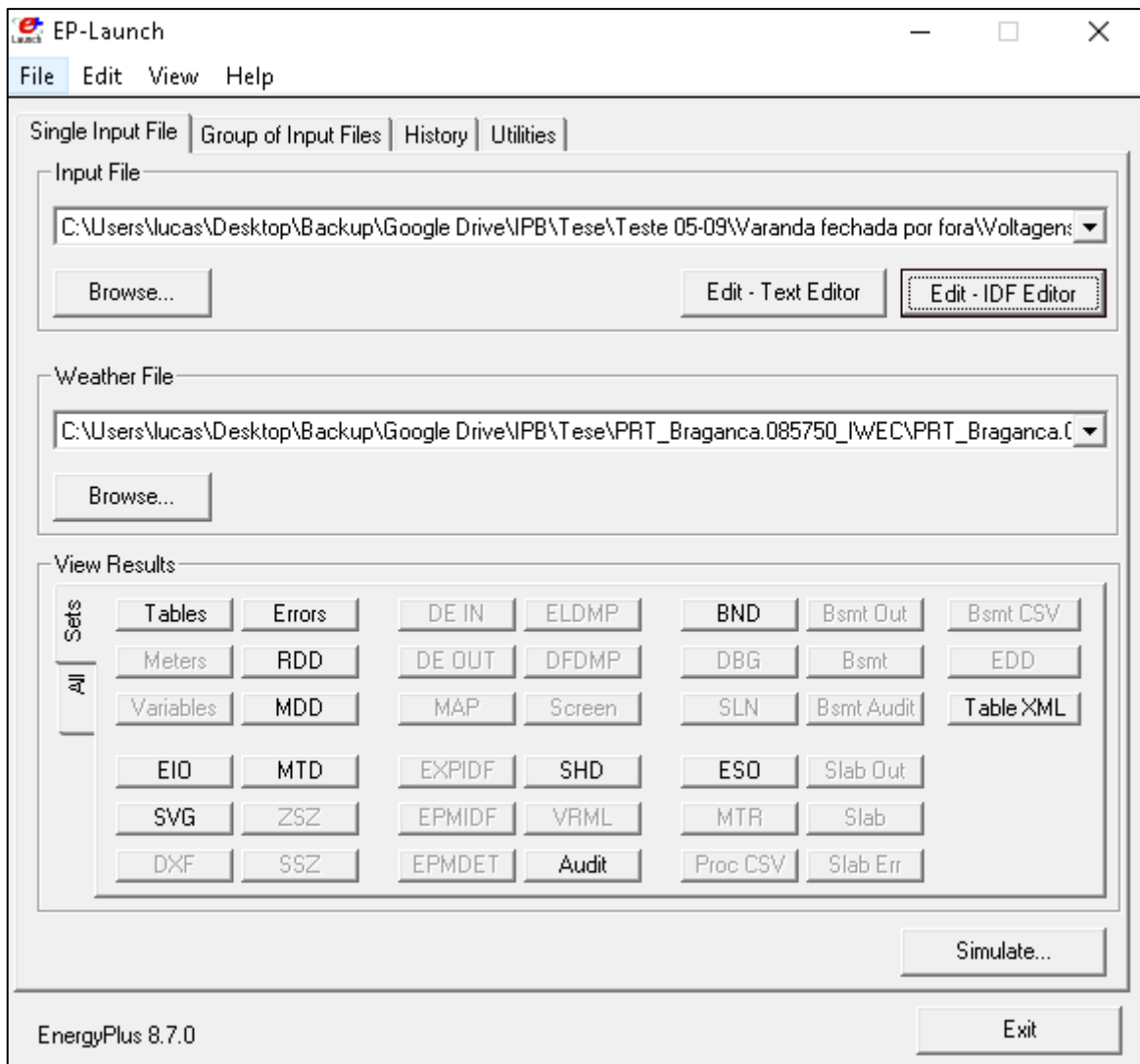


Figura 19 - Visualização da página principal do Energy Plus

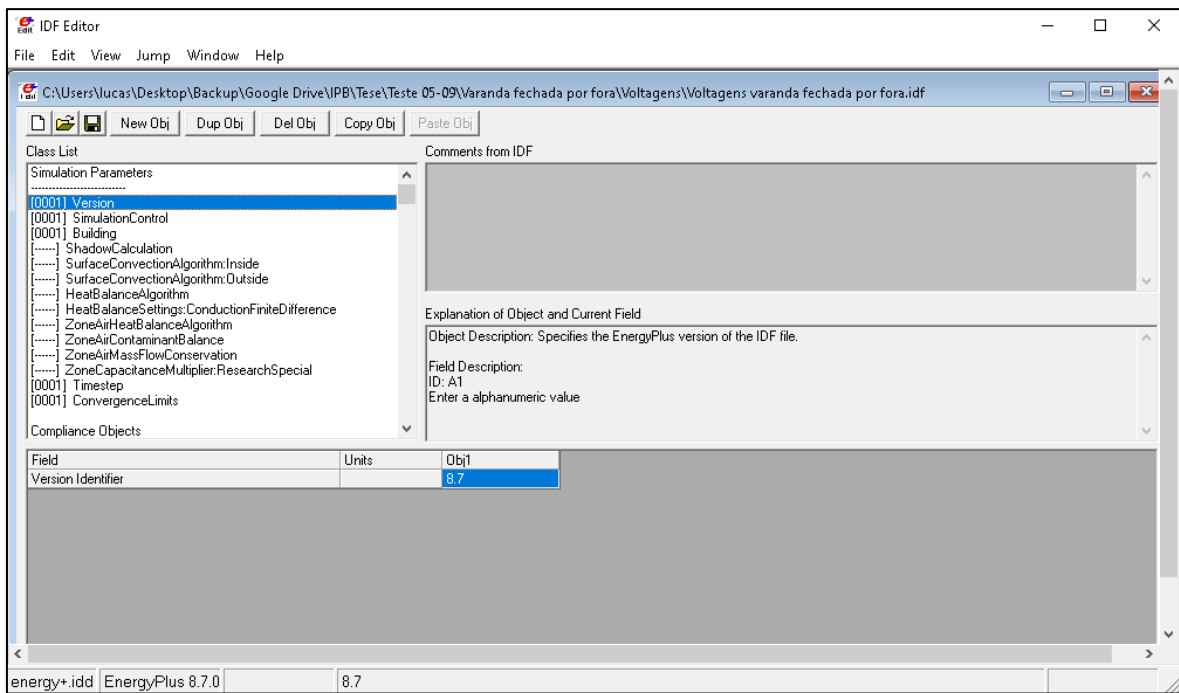


Figura 20 - Visualização da página inicial para a edição dos detalhes

5.5. Modelagens

Neste estudo de caso foi analisada a possibilidade de realizar algumas modelagens para comparar possíveis métodos de reabilitação bioclimática visando a melhor qualidade térmica e energética do edifício. Realizaram-se cinco modelagens, cada uma com um diferencial para a comparação dos resultados. A primeira e a segunda modelagem foram realizadas com o isolamento térmico pelo lado interno e pelo lado externo da parede de xisto, respectivamente, para a analisar as diferenças com relação às características da parede de inércia.

A terceira modelagem inclui a opção que obteve o melhor resultado entre as modelagens anteriormente citadas com a utilização de envidraçados na varanda existente, sendo assim uma estufa anexa, construída no último piso da residência.

A quarta e a quinta modelagem utilizam a terceira como referência, diferenciando uma da outra simplesmente pela adoção de protetores dos vãos envidraçados, uma com os protetores do lado interno (quarta modelagem) e outra aplicada do lado externo (quinta modelagem).

Para a realização das modelagens alguns valores que não são especificados em projetos devem ser considerados como soluções por defeito aplicáveis para os diferentes tipos de sistemas:

O Despacho nº15793 I/2013, indica que é necessária a análise conforme a Portaria 349-B/2013 - Tabela I.03 para a verificação dos equipamentos para a residência em função de sua eficiência ou sua classificação de desempenho. Sendo assim o equipamento considerado, *chillers*, para o aquecimento do ambiente apresenta COP (Coeficiente de desempenho) de 3,1, o equipamento para arrefecimento apresenta um EER (Índice de Eficiência Energética) de 3,0 e para o equipamento de águas quentes sanitárias foi utilizado um com eficiência de 0,95 por ser elétrico.

Conforme Portaria 349-B/2013, sobre valor mínimo de taxa de renovação de ar, a residência necessita não somente para cálculos de projeto mas também de soluções o valor mínimo de 0,4 renovações por hora.

O REH (Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação) prevê um valor de 4,00 W/m² para o total de ganhos internos ao longo do ano. Prevê ainda uma temperatura de conforto para residências de 18°C no inverno e a 25°C no verão.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

6.1. Considerações Iniciais

O *software* apresenta diversos parâmetros de saída, porém os analisados foram exclusivamente os valores das temperaturas internas da residência com relação as modelagens realizadas e também a quantidade de energia elétrica correspondente para atingir a temperatura de conforto.

Os dados climáticos utilizados nas simulações são provenientes do banco de dados do programa Energy Plus.

Para a análise foram definidos os dias em que apresentam as temperaturas mais elevadas e as mais baixas.

6.2. Modelagem 1

Na modelagem 1 a análise foi realizada a partir da solução inicial definida para a residência, mas com um isolamento térmico nas paredes exteriores. Esta modelagem foi definida para a observação das características térmicas de uma parede de inércia, no caso a parede de xisto, com um isolamento de 10 centímetros de XPS (poliestireno extrudido) aplicado internamente.

Primeiramente foi verificada a temperatura interna de cada cômodo separadamente para observar as condições que estão sujeitas durante o inverno e o verão a partir das temperaturas externas referentes para cada dia. Na Tabela 8 pode-se constatar esses valores para o dia que apresenta a menor temperatura externa, contudo na Tabela 9 a verificação é com relação ao dia que apresenta a temperatura mais elevada.

Tabela 8 - Temperaturas internas durante o inverno com o XPS interno

Dia mais frio do ano (19/01)								
Dados		Cômodos						
Hora	Temperatura	Cozinha	Escada	Quarto 1	Quarto 2	Quarto 3	Quarto 4	Varanda
1	-3.3	3,07	4,44	2,67	2,38	3,03	2,88	-2,56
2	-3.3	3,03	4,37	2,58	2,23	2,89	2,73	-2,60
3	-3.4	2,96	4,29	2,45	2,06	2,73	2,56	-2,63
4	-4.3	2,87	4,21	2,28	1,84	2,56	2,38	-2,81
5	-5.1	2,78	4,13	2,10	1,62	2,39	2,20	-2,95
6	-6.0	2,69	4,04	1,92	1,38	2,21	2,01	-2,99
7	-5.5	2,60	3,96	1,78	1,22	2,04	1,83	-3,03
8	-5.1	2,61	3,97	1,74	1,17	1,99	1,77	-2,97
9	-4.6	2,54	3,92	1,63	1,12	1,92	1,70	-2,71
10	-3.7	2,27	3,76	1,34	1,02	1,71	1,48	-2,59
11	-2.9	2,18	3,77	1,27	1,20	1,75	1,53	-2,23
12	-2.0	2,17	3,87	1,38	1,60	1,99	1,78	-1,20
13	-0.7	2,14	3,94	1,47	2,07	2,30	2,10	-0,21
14	0.7	2,09	3,95	1,50	2,29	2,46	2,22	0,98
15	2.0	2,04	3,94	1,46	2,41	2,52	2,36	1,89
16	1.9	1,96	3,92	1,19	2,37	2,53	2,41	2,07
17	1.7	1,89	3,89	0,95	2,17	2,45	2,31	2,02
18	1.6	1,98	3,95	0,98	2,12	2,50	2,35	1,77
19	0.9	2,08	3,97	1,09	2,16	2,63	2,48	1,26
20	0.3	2,18	3,97	1,20	2,13	2,60	2,46	0,95
21	-0.4	2,19	3,89	1,18	1,92	2,44	2,29	0,12
22	-0.6	2,17	3,81	1,15	1,71	2,26	2,11	-0,03
23	-0.8	2,05	3,66	1,00	1,42	1,98	1,81	-0,14
24	-1.0	1,84	3,48	0,73	1,03	1,62	1,44	-0,38

Tabela 9 - Temperaturas internas durante o verão com XPS interno

Dia mais quente do ano (19/08)								
Dados		Cômodos						
Hora	Temperatura	Cozinha	Escada	Quarto 1	Quarto 2	Quarto 3	Quarto 4	Varanda
1	25.0	22,35	22,83	23,79	26,70	26,60	26,57	29,02
2	24.2	22,39	22,84	23,84	26,58	26,47	26,44	28,53
3	23.4	22,44	22,86	23,88	26,51	26,41	26,38	28,10
4	22.9	22,46	22,84	23,88	26,41	26,34	26,30	27,65
5	22.3	22,46	22,83	23,86	26,29	26,26	26,21	27,20
6	21.8	22,45	22,81	23,82	26,15	26,16	26,10	26,76
7	23.1	22,44	22,81	23,82	26,23	26,10	26,04	26,65
8	24.5	22,43	22,88	23,84	26,58	26,18	26,12	26,87
9	25.8	22,41	23,01	23,87	26,94	26,43	26,38	27,23
10	28.1	22,41	23,17	23,92	27,28	26,76	26,71	27,71
11	30.3	22,41	23,41	23,99	27,88	27,20	27,19	28,79
12	32.6	22,47	23,58	24,09	28,47	27,61	27,64	30,65
13	33.8	22,54	23,61	24,18	28,93	27,98	28,04	32,43
14	35.0	22,63	23,59	24,31	29,31	28,30	28,39	34,02
15	36.2	22,73	23,58	24,55	29,61	28,54	28,66	35,16
16	35.9	22,82	23,61	24,78	29,77	28,70	28,83	35,56
17	35.7	22,89	23,67	24,95	29,77	28,76	28,89	35,25
18	35.4	22,97	23,75	25,02	29,64	28,72	28,85	34,42
19	33.6	23,05	23,81	25,00	29,34	28,62	28,74	33,55
20	31.8	23,15	23,83	25,05	29,04	28,49	28,60	33,05
21	30.0	23,25	23,69	25,08	28,43	28,17	28,25	31,80
22	29.1	23,38	23,62	25,27	28,15	27,86	27,91	30,51
23	28.3	23,49	23,65	25,42	28,14	27,78	27,83	29,52
24	27.4	23,56	23,71	25,49	28,19	27,85	27,90	29,21

Verificando os valores das tabelas anteriores com relação ao inverno pode-se afirmar que a varanda mesmo aberta não apresentou números iguais a temperatura externa porque consiste em uma cobertura e uma parede com altura de 1 metro em toda sua volta, as quais impedem uma certa quantidade de ventos, chuvas e outros fenômenos naturais. Os cômodos possuem temperaturas distantes do que é considerado “conforto” demonstrando uma necessidade de aquecer toda a residência. Sendo assim foram adotados no estudo os equipamentos de aquecimento conforme as exigências e obteve-se valores das quantidades de energia relacionadas às temperaturas internas e o maior valor obtido foi exatamente o correspondente ao cômodo no horário em que apresenta o valor mais baixo, no Quarto 1 às 24 horas, exibindo um valor de 7.338,90 Wh.

Com relação a Tabela 9 obteve-se as temperaturas internas no dia mais quente do ano e é possível verificar que os quartos que estão no piso superior recebem uma maior incidência dos raios solares e portanto possuem temperaturas superiores que as andares

abaixo. A varanda apresenta os maiores valores e por meio das paredes e das portas de vidro os Quartos 3 e 4 também exibem temperaturas maiores. É possível observar que a escada, a cozinha e o Quarto 1 apresentam temperaturas no intervalo que é considerado “conforto”, portanto não necessitam neste caso equipamentos de arrefecimento, mas os outros cômodos necessitam, sendo assim foi verificado a quantidade de energia elétrica no Quarto 2 às 16 horas pois a temperatura é a mais alta. A quantidade de energia necessária é de 2.807,46 Wh.

6.3. Modelagem 2

A modelagem 2 apresenta a solução inicial igual a modelagem 1 mas com a diferença do isolamento térmico de XPS, também com 10 cm de espessura, ser do lado externo da parede de xisto.

Igualmente realizado anteriormente foram duas análises realizadas as temperaturas internas de cada cômodo durante o dia mais frio, conforme Tabela 10, e do dia mais quente, conforme Tabela 11. Logo após foi verificada a quantidade de energia necessária para deixar a residência com uma temperatura de conforto onde demanda maior necessidade.

Tabela 10 - Temperaturas internas durante o inverno com XPS externo

Dia mais frio do ano (19/01)								
Dados		Cômodos						
Hora	Temperatura	Cozinha	Escada	Quarto 1	Quarto 2	Quarto 3	Quarto 4	Varanda
1	-3.3	3,24	4,53	2,90	2,67	3,15	3,05	-2,35
2	-3.3	3,21	4,47	2,81	2,54	3,01	2,91	-2,39
3	-3.4	3,13	4,39	2,68	2,38	2,85	2,74	-2,42
4	-4.3	3,05	4,31	2,52	2,17	2,69	2,57	-2,60
5	-5.1	2,96	4,23	2,35	1,95	2,52	2,39	-2,74
6	-6.0	2,86	4,15	2,17	1,73	2,34	2,21	-2,77
7	-5.5	2,78	4,07	2,04	1,57	2,18	2,04	-2,81
8	-5.1	2,79	4,08	2,00	1,54	2,14	1,99	-2,76
9	-4.6	2,72	4,03	1,91	1,50	2,06	1,92	-2,50
10	-3.7	2,46	3,87	1,62	1,39	1,86	1,71	-2,38
11	-2.9	2,37	3,89	1,55	1,57	1,90	1,75	-2,02
12	-2.0	2,35	4,00	1,65	1,95	2,13	1,99	-0,99
13	-0.7	2,32	4,07	1,73	2,39	2,42	2,30	0,00
14	0.7	2,27	4,07	1,76	2,58	2,59	2,48	1,19
15	2.0	2,22	4,07	1,72	2,68	2,67	2,59	2,11
16	1.9	2,15	4,05	1,46	2,64	2,67	2,60	2,29
17	1.7	2,08	4,02	1,23	2,43	2,59	2,51	2,23
18	1.6	2,16	4,09	1,26	2,40	2,64	2,56	1,98
19	0.9	2,27	4,10	1,38	2,44	2,78	2,69	1,47
20	0.3	2,37	4,11	1,47	2,40	2,75	2,65	1,16
21	-0.4	2,37	4,03	1,46	2,19	2,58	2,49	0,34
22	-0.6	2,36	3,94	1,42	2,00	2,41	2,31	0,18
23	-0.8	2,24	3,80	1,27	1,72	2,12	2,02	0,07
24	-1.0	2,03	3,61	1,01	1,35	1,76	1,64	-0,17

Tabela 11 - Temperaturas internas durante o verão com XPS externo

Dia mais quente do ano (19/08)								
Dados		Cômodos						
Hora	Temperatura	Cozinha	Escada	Quarto 1	Quarto 2	Quarto 3	Quarto 4	Varanda
1	25.0	22,26	22,84	23,57	26,44	26,51	26,43	28,87
2	24.2	22,30	22,85	23,60	26,33	26,38	26,30	28,40
3	23.4	22,34	22,86	23,64	26,27	26,32	26,24	28,00
4	22.9	22,36	22,85	23,64	26,18	26,25	26,17	27,58
5	22.3	22,35	22,83	23,61	26,08	26,16	26,08	27,15
6	21.8	22,34	22,81	23,58	25,96	26,07	25,98	26,73
7	23.1	22,33	22,81	23,57	26,03	26,01	25,92	26,64
8	24.5	22,32	22,88	23,59	26,36	26,09	25,99	26,86
9	25.8	22,30	23,00	23,62	26,70	26,34	26,26	27,22
10	28.1	22,30	23,16	23,68	27,01	26,68	26,57	27,68
11	30.3	22,29	23,40	23,75	27,57	27,09	27,03	28,75
12	32.6	22,35	23,56	23,85	28,13	27,48	27,47	30,54
13	33.8	22,43	23,59	23,95	28,55	27,85	27,86	32,25
14	35.0	22,51	23,56	24,07	28,90	28,16	28,19	33,76
15	36.2	22,60	23,55	24,31	29,17	28,39	28,44	34,83
16	35.9	22,69	23,58	24,54	29,30	28,54	28,60	35,18
17	35.7	22,76	23,63	24,69	29,30	28,58	28,65	34,85
18	35.4	22,83	23,72	24,76	29,17	28,54	28,61	34,03
19	33.6	22,90	23,77	24,75	28,88	28,43	28,50	33,14
20	31.8	23,00	23,78	24,78	28,62	28,31	28,35	32,75
21	30.0	23,09	23,64	24,79	28,06	28,00	28,02	31,57
22	29.1	23,22	23,57	24,98	27,83	27,71	27,71	30,35
23	28.3	23,33	23,61	25,13	27,85	27,64	27,64	29,43
24	27.4	23,41	23,68	25,21	27,92	27,70	27,72	29,15

Verificando as tabelas apresentadas é possível realizar considerações semelhantes às considerações da Modelagem 1. Durante o inverno a temperatura interna é bastante abaixo do que é considerado ideal para o conforto e a temperatura da varanda é diferente da externa por causa da cobertura e da parede de proteção as quais evitam parte dos fenômenos naturais. Para suprir as necessidades de conforto seria necessária a aplicação de equipamentos de aquecimento e como no Quarto 1 às 24 horas a temperatura é a mais baixa do lado interno da residência, a quantidade de energia necessária para este valor é de 7.252,08 Wh.

Com relação ao verão pode-se verificar que os cômodos cozinha, escada e Quarto 1 estão em quase sua totalidade do dia na temperatura de conforto, porém os outros quartos como não estão qualificados nesse quesito, é necessário que se estude a implantação de um equipamento de arrefecimento para deixá-los confortáveis para os habitantes nos dias mais quentes. Analisando as temperaturas, o quarto 2 às 17 horas apresenta a maior temperatura

interna durante este dia, portanto a quantidade de energia do equipamento necessária para essa qualificação é 2.607,34 Wh.

6.4. Modelagem 3

Na modelagem 3 é possível a análise de uma mudança a mais que as anteriormente estudadas, nessa além de apresentar o isolamento térmico pelo exterior também foi incluída na varanda existente, vãos envidraçados para deixar o ambiente fechado.

Para a verificação do que ocorre no interior da residência com essa implementação, foram analisados, novamente, o comportamento interno dos cômodos conforme o dia mais frio Tabela 12 e o dia mais quente Tabela 13.

Tabela 12 - Temperatura interna durante o inverno com a varanda fechada

Dia mais frio do ano (19/01)								
Dados		Cômodos						
Hora	Temperatura	Cozinha	Escada	Quarto 1	Quarto 2	Quarto 3	Quarto 4	Varanda
1	-3.3	3,24	4,55	2,90	2,67	6,39	6,30	6,27
2	-3.3	3,21	4,49	2,81	2,54	6,14	6,02	5,82
3	-3.4	3,14	4,41	2,68	2,38	5,90	5,74	5,37
4	-4.3	3,05	4,33	2,52	2,17	5,64	5,46	4,65
5	-5.1	2,96	4,25	2,35	1,95	5,38	5,17	3,98
6	-6.0	2,87	4,17	2,17	1,73	5,11	4,87	3,29
7	-5.5	2,78	4,09	2,04	1,57	4,85	4,58	3,17
8	-5.1	2,79	4,09	2,00	1,54	4,71	4,42	3,05
9	-4.6	2,73	4,05	1,91	1,50	4,54	4,24	3,06
10	-3.7	2,46	3,89	1,62	1,39	4,26	3,94	3,54
11	-2.9	2,37	3,91	1,55	1,57	4,25	3,92	5,05
12	-2.0	2,36	4,01	1,65	1,95	4,45	4,16	7,63
13	-0.7	2,32	4,09	1,73	2,39	4,72	4,48	10,12
14	0.7	2,28	4,10	1,76	2,58	4,96	4,74	11,28
15	2.0	2,23	4,10	1,72	2,68	5,09	4,87	11,35
16	1.9	2,15	4,08	1,46	2,64	5,18	4,98	9,43
17	1.7	2,08	4,04	1,23	2,43	5,17	4,98	7,41
18	1.6	2,17	4,10	1,26	2,40	5,26	5,06	6,66
19	0.9	2,27	4,13	1,38	2,44	5,20	5,00	6,04
20	0.3	2,37	4,13	1,47	2,40	5,11	4,91	5,52
21	-0.4	2,38	4,05	1,46	2,19	4,93	4,72	4,95
22	-0.6	2,36	3,96	1,42	2,00	4,71	4,50	4,59
23	-0.8	2,24	3,81	1,27	1,72	4,40	4,20	4,20
24	-1.0	2,03	3,63	1,01	1,35	4,04	3,83	3,78

Tabela 13 - Temperaturas internas durante o verão com a varanda fechada

Dia mais quente do ano (19/08)								
Dados		Cômodos						
Hora	Temperatura	Cozinha	Escada	Quarto 1	Quarto 2	Quarto 3	Quarto 4	Varanda
1	25.0	22,26	22,84	23,57	26,44	30,36	30,14	31,24
2	24.2	22,30	22,85	23,60	26,33	30,17	29,92	30,30
3	23.4	22,34	22,86	23,64	26,27	29,99	29,75	29,95
4	22.9	22,36	22,85	23,64	26,18	29,80	29,56	29,48
5	22.3	22,35	22,83	23,61	26,08	29,61	29,36	29,01
6	21.8	22,34	22,81	23,58	25,96	29,42	29,16	28,56
7	23.1	22,33	22,81	23,57	26,03	29,27	29,00	29,02
8	24.5	22,32	22,88	23,59	26,36	29,27	28,99	30,37
9	25.8	22,30	23,00	23,62	26,70	29,47	29,19	31,67
10	28.1	22,30	23,16	23,68	27,01	29,80	29,52	33,54
11	30.3	22,29	23,40	23,75	27,57	30,08	29,81	35,73
12	32.6	22,35	23,56	23,85	28,13	30,51	30,28	37,79
13	33.8	22,43	23,59	23,95	28,55	30,96	30,77	40,59
14	35.0	22,51	23,56	24,07	28,90	31,37	31,23	43,12
15	36.2	22,60	23,55	24,31	29,17	31,76	31,66	45,28
16	35.9	22,69	23,58	24,54	29,30	32,10	32,04	45,58
17	35.7	22,76	23,63	24,69	29,30	32,37	32,34	44,36
18	35.4	22,83	23,72	24,76	29,17	32,54	32,53	41,80
19	33.6	22,90	23,77	24,75	28,88	32,58	32,57	39,06
20	31.8	23,00	23,78	24,78	28,62	32,55	32,52	36,92
21	30.0	23,09	23,64	24,79	28,06	32,31	32,25	34,92
22	29.1	23,22	23,57	24,98	27,83	31,87	31,78	34,75
23	28.3	23,33	23,61	25,13	27,85	31,74	31,62	34,13
24	27.4	23,41	23,68	25,21	27,92	31,72	31,58	33,10

No inverno, as temperaturas internas ainda não atingem o conforto necessário para os residentes mas pode-se verificar que os quartos 3 e 4 e a varanda já apresentam uma temperatura mais elevada que anteriormente observados. Porém ainda é necessário a implementação de equipamentos de aquecimento para o ambiente, o cômodo que apresenta a maior deficiência com relação as temperaturas continua sendo o quarto 1 às 24 horas, apresentando uma temperatura de 1,01 °C, sendo assim carece de uma quantidade de energia de 7.252,23 Wh para aquecer o ambiente.

No verão a análise das temperaturas internas demonstra que fechar a varanda com vãos envidraçados faz com que as temperaturas subam de maneira desagradável para os habitantes, tendo temperaturas atingindo aos 45 °C, sendo necessário um equipamento de

arrefecimento com uma quantidade de energia de 11.603,75 Wh para suprir a demanda interna de conforto.

6.5. Modelagem 4

Na modelagem 4 o estudo realizado foi para a melhoria da aplicação dos vãos envidraçados na varanda, e com isso aplicou-se persianas verticais como proteção pelo lado interno dos vidros.

Para a realização de uma comparação foram verificados para o dia mais frio, conforme Tabela 14 e para o dia mais quente, como na Tabela 15.

Tabela 14 - Temperaturas internas durante o inverno com proteção pelo lado interno

Dia mais frio do ano (19/01)								
Dados		Cômodos						
Hora	Temperatura	Cozinha	Escada	Quarto 1	Quarto 2	Quarto 3	Quarto 4	Varanda
1	-3.3	3,24	4,55	2,90	2,67	6,24	6,13	5,80
2	-3.3	3,21	4,49	2,81	2,54	5,99	5,86	5,39
3	-3.4	3,14	4,41	2,68	2,38	5,74	5,58	4,96
4	-4.3	3,05	4,33	2,52	2,17	5,49	5,30	4,28
5	-5.1	2,96	4,25	2,35	1,95	5,23	5,01	3,63
6	-6.0	2,87	4,17	2,17	1,73	4,97	4,72	2,97
7	-5.5	2,78	4,09	2,04	1,57	4,71	4,43	2,87
8	-5.1	2,79	4,09	2,00	1,54	4,57	4,27	2,77
9	-4.6	2,73	4,05	1,91	1,50	4,41	4,09	2,79
10	-3.7	2,46	3,89	1,62	1,39	4,13	3,80	3,29
11	-2.9	2,37	3,91	1,55	1,57	4,12	3,78	4,81
12	-2.0	2,36	4,01	1,65	1,95	4,32	4,03	7,42
13	-0.7	2,32	4,09	1,73	2,39	4,60	4,37	9,92
14	0.7	2,28	4,10	1,76	2,58	4,84	4,63	11,09
15	2.0	2,23	4,10	1,72	2,68	4,97	4,76	11,18
16	1.9	2,15	4,08	1,46	2,64	5,06	4,87	9,26
17	1.7	2,08	4,04	1,23	2,43	5,06	4,87	7,27
18	1.6	2,17	4,10	1,26	2,40	5,14	4,95	6,50
19	0.9	2,27	4,13	1,38	2,44	5,09	4,90	5,89
20	0.3	2,37	4,13	1,47	2,40	5,01	4,81	5,37
21	-0.4	2,38	4,05	1,46	2,19	4,82	4,63	4,81
22	-0.6	2,36	3,96	1,42	2,00	4,61	4,41	4,46
23	-0.8	2,24	3,81	1,27	1,72	4,31	4,11	4,08
24	-1.0	2,03	3,63	1,01	1,35	3,95	3,74	3,66

Tabela 15 - Temperaturas internas durante o verão com proteção pelo lado interno

Dia mais quente do ano (19/08)								
Dados		Cômodos						
Hora	Temperatura	Cozinha	Escada	Quarto 1	Quarto 2	Quarto 3	Quarto 4	Varanda
1	25.0	22,26	22,84	23,57	26,43	29,50	29,31	29,62
2	24.2	22,30	22,85	23,60	26,32	29,32	29,12	28,92
3	23.4	22,34	22,86	23,64	26,26	29,16	28,97	28,67
4	22.9	22,36	22,85	23,64	26,17	29,00	28,81	28,22
5	22.3	22,35	22,83	23,61	26,07	28,84	28,63	27,82
6	21.8	22,34	22,81	23,58	25,95	28,67	28,45	27,44
7	23.1	22,33	22,81	23,57	26,02	28,54	28,31	28,22
8	24.5	22,32	22,88	23,59	26,35	28,57	28,32	29,82
9	25.8	22,30	23,00	23,62	26,69	28,78	28,55	31,22
10	28.1	22,30	23,16	23,68	27,00	29,12	28,88	33,09
11	30.3	22,29	23,40	23,75	27,55	29,40	29,18	34,79
12	32.6	22,35	23,56	23,85	28,11	29,83	29,64	36,93
13	33.8	22,43	23,59	23,95	28,54	30,27	30,12	39,30
14	35.0	22,51	23,56	24,07	28,88	30,66	30,56	41,09
15	36.2	22,60	23,55	24,31	29,16	31,01	30,95	42,75
16	35.9	22,69	23,58	24,54	29,29	31,32	31,29	42,52
17	35.7	22,76	23,63	24,69	29,29	31,54	31,54	41,20
18	35.4	22,83	23,72	24,76	29,16	31,66	31,67	38,94
19	33.6	22,90	23,77	24,75	28,87	31,67	31,68	36,28
20	31.8	23,00	23,78	24,78	28,61	31,61	31,60	34,61
21	30.0	23,09	23,64	24,79	28,05	31,36	31,32	31,29
22	29.1	23,22	23,57	24,98	27,82	30,97	30,89	33,11
23	28.3	23,33	23,61	25,13	27,84	30,84	30,75	32,29
24	27.4	23,41	23,68	25,21	27,91	30,83	30,72	31,36

Inicialmente pode-se afirmar que com a proteção na varanda foram obtidas algumas temperaturas internas que não atingem o conforto necessário para a residência, sendo assim, necessário a implantação de equipamentos de aquecimento que suprem a demanda. No quarto 1 a temperatura às 24 horas é de 1,01 °C sendo a menor registrada dentro do edifício neste dia. Para aquecer até a temperatura de 18 °C é preciso uma quantidade de energia de 7.255,27 Wh.

Da mesma maneira que no inverno existe a necessidade de aquecer o ambiente interno, no verão é fundamental que arrefeça o ambiente até atingir 25 °C para estar confortável para os moradores. Na varanda às 14 horas a quantidade de energia é de 11.025,68 Wh.

6.6. Modelagem 5

A última modelagem estudada foi com a mudança da proteção da varanda do lado externo para o lado externo, com persianas verticais, analisando assim a necessidade e a diferença com relação aos outros modelos dos equipamentos de arrefecimento e aquecimento.

Como realizado anteriormente para todas as modelagens a análise foi realizada durante o dia que a temperatura atingiu a menor temperatura como na Tabela 16 e no dia mais quente conforme Tabela 17.

Tabela 16 - Temperaturas internas durante o inverno com proteção pelo lado externo

Dia mais frio do ano (19/01)								
Dados		Cômodos						
Hora	Temperatura	Cozinha	Escada	Quarto 1	Quarto 2	Quarto 3	Quarto 4	Varanda
1	-3.3	3,24	4,55	2,90	2,67	6,24	6,13	5,90
2	-3.3	3,21	4,49	2,81	2,54	5,99	5,86	5,49
3	-3.4	3,14	4,41	2,68	2,38	5,74	5,58	5,05
4	-4.3	3,05	4,33	2,52	2,17	5,49	5,30	4,36
5	-5.1	2,96	4,25	2,35	1,95	5,23	5,01	3,71
6	-6.0	2,87	4,17	2,17	1,73	4,97	4,72	3,04
7	-5.5	2,78	4,09	2,04	1,57	4,71	4,43	2,93
8	-5.1	2,79	4,09	2,00	1,54	4,57	4,27	2,83
9	-4.6	2,73	4,05	1,91	1,50	4,41	4,09	2,85
10	-3.7	2,46	3,89	1,62	1,39	4,13	3,80	3,34
11	-2.9	2,37	3,91	1,55	1,57	4,12	3,78	4,86
12	-2.0	2,36	4,01	1,65	1,95	4,32	4,03	7,46
13	-0.7	2,32	4,09	1,73	2,39	4,60	4,37	9,97
14	0.7	2,28	4,10	1,76	2,58	4,84	4,63	11,13
15	2.0	2,23	4,10	1,72	2,68	4,97	4,76	11,21
16	1.9	2,15	4,08	1,46	2,64	5,06	4,87	9,29
17	1.7	2,08	4,04	1,23	2,43	5,06	4,87	7,31
18	1.6	2,17	4,10	1,26	2,40	5,14	4,95	6,53
19	0.9	2,27	4,13	1,38	2,44	5,09	4,90	5,92
20	0.3	2,37	4,13	1,47	2,40	5,01	4,81	5,40
21	-0.4	2,38	4,05	1,46	2,19	4,82	4,63	4,83
22	-0.6	2,36	3,96	1,42	2,00	4,61	4,41	4,48
23	-0.8	2,24	3,81	1,27	1,72	4,31	4,11	4,10
24	-1.0	2,03	3,63	1,01	1,35	3,95	3,74	3,68

Tabela 17 - Temperaturas internas durante o verão com proteção pelo lado externo

Dia mais quente do ano (19/08)								
Dados		Cômodos						
Hora	Temperatura	Cozinha	Escada	Quarto 1	Quarto 2	Quarto 3	Quarto 4	Varanda
1	25.0	22,26	22,84	23,57	26,43	29,13	28,95	29,59
2	24.2	22,30	22,85	23,60	26,32	28,95	28,77	28,82
3	23.4	22,34	22,86	23,64	26,26	28,81	28,63	28,54
4	22.9	22,36	22,85	23,64	26,17	28,66	28,48	28,18
5	22.3	22,35	22,83	23,61	26,07	28,51	28,32	27,81
6	21.8	22,34	22,81	23,58	25,95	28,35	28,15	27,46
7	23.1	22,33	22,81	23,57	26,02	28,23	28,01	27,86
8	24.5	22,32	22,88	23,59	26,35	28,25	28,03	28,78
9	25.8	22,30	23,00	23,62	26,69	28,48	28,27	29,59
10	28.1	22,30	23,16	23,68	27,00	28,82	28,60	31,08
11	30.3	22,29	23,40	23,75	27,55	29,11	28,91	33,38
12	32.6	22,35	23,56	23,85	28,11	29,54	29,38	34,94
13	33.8	22,43	23,59	23,95	28,54	29,99	29,87	36,48
14	35.0	22,51	23,56	24,07	28,88	30,38	30,30	37,86
15	36.2	22,60	23,55	24,31	29,16	30,72	30,68	39,26
16	35.9	22,69	23,58	24,54	29,29	31,00	30,99	39,56
17	35.7	22,76	23,63	24,69	29,29	31,20	31,21	39,07
18	35.4	22,83	23,72	24,76	29,16	31,29	31,31	37,79
19	33.6	22,90	23,77	24,75	28,87	31,29	31,30	35,85
20	31.8	23,00	23,78	24,78	28,61	31,23	31,22	34,27
21	30.0	23,09	23,64	24,79	28,05	30,97	30,93	32,79
22	29.1	23,22	23,57	24,98	27,82	30,58	30,52	32,58
23	28.3	23,33	23,61	25,13	27,84	30,46	30,38	32,14
24	27.4	23,41	23,68	25,21	27,91	30,47	30,37	31,37

A Tabela 16 mostra os valores no inverno e a necessidade da implementação dos equipamentos de aquecimento para atingir as temperaturas de conforto, com isso o quarto 1 às 24 horas apresenta a menor temperatura durante esse dia, necessitando de um equipamento numa quantidade de energia de 7.254,87 Wh.

Na Tabela 17 com os valores durante o dia mais quente do ano pode-se afirmar que as temperaturas são mais elevadas nos cômodos, ao menos na escada, cozinha e quarto 1 onde as temperaturas em sua maior parte permanecem no intervalo de conforto para uma moradia. Nos cômodos onde não estão presente esse conforto, a varanda às 14 horas é a que apresenta a maior quantidade de energia para essa necessidade, sendo de 8.126,32 Wh.

6.7. Análise dos Resultados

Através das modelagens anteriormente apresentadas e de seus resultados, pode-se tirar os seguintes valores de quantidade de energia necessário para transformar a temperatura mais crítica de cada modelagem na temperatura de conforto, sendo exibidas conforme Tabela 18.

Tabela 18 - Resultados obtidos através das modelagens

MODELAGENS	ESTAÇÃO	QUANTIDADE DE ENERGIA
Modelagem 1	Inverno	7.338,90 Wh
	Verão	2.807,46 Wh
Modelagem 2	Inverno	7.252,08 Wh
	Verão	2.607,34 Wh
Modelagem 3	Inverno	7.252,23 Wh
	Verão	11.603,75 Wh
Modelagem 4	Inverno	7.255,27 Wh
	Verão	11.025,68 Wh
Modelagem 5	Inverno	7.254,87 Wh
	Verão	8.126,32 Wh

Por meio dos resultados obtidos com as modelagens, as análises podem ser feitas tanto com os valores das temperaturas internas quanto com os valores das quantidades de energia dos equipamentos para arrefecimento e aquecimento.

Primeiramente o que pode ser analisado é a relação do isolamento térmico nas paredes de inércia de xisto, onde existe uma diferença com relação às temperaturas internas, o que significa que o isolamento realizado pelo exterior colabora com a característica da inércia térmica nas paredes exteriores.

Outra característica analisada na residência foi quanto à varanda sem o fechamento dos envidraçados ou fechada. Pôde-se observar que os valores da varanda e dos quartos 3 e 4 com a varanda fechada no inverno é mais vantajoso, pois as temperaturas são superiores às temperaturas dela aberta, sendo assim um gasto menor com aquecimento. Já no verão a aplicação dos vãos envidraçados não foi muito vantajosa pois aumentou significativamente os valores de temperaturas internas desses mesmos cômodos, necessitando de gastos maiores para o arrefecimento interno.

Quanto à existência de proteção interna ou externa na estufa anexa, identificou-se que houve uma unanimidade dos resultados, tanto para o inverno quanto para o verão, pois no inverno as temperaturas são maiores com a proteção pelo lado externo, o que é melhor

para o conforto dos habitantes. E no verão a diferença mostra que a proteção pelo lado externo transpassa temperaturas internas mais baixas com relação a proteção pelo lado interno. Portanto a vantagem da proteção pelo lado externo é evidente.

Analisando todas as situações possíveis que foram modeladas pode-se afirmar que para as paredes de inércia térmica são vantajosas com a aplicação de isolamento térmico pelo exterior pois assim há um aproveitamento maior da inércia térmica. Com relação a varanda foi possível analisar que no inverno seria melhor mantê-la fechada e com as proteções desativadas para um melhor aproveitamento da radiação solar para aquecer o ambiente, necessitando assim de um menor gasto com aquecimento. No verão seria vantajoso abrir os vãos envidraçados para receber a ventilação natural e com as proteções ativadas durante o dia para proteger dos raios solares.

7. CONCLUSÃO

A Zona Histórica de Bragança apresenta uma grande quantidade de edifícios antigos, caracterizando-a em relação a épocas passadas, exibindo construções de caráter nobre e outras também mais modestas construídas em banda, tornando esta parte da cidade uma amostra da história decorrida no tempo para as pessoas que a visitam.

Algumas casas estão sofrendo algum tipo de degradação e outras já sofreram algumas modificações. Essas degradações estão sendo analisadas pela autarquia e pelos próprios moradores que buscam e necessitam solucionar os problemas sem afetar a estrutura da residência já existente. Um fator que contribui para o aumento de intervenções a nível térmico é a eficiência energética como um dos princípios da reabilitação bioclimática, a qual permite uma reabilitação sustentável evitando a utilização de meios ativos.

As casas localizadas nesta zona estão sobre exigências de um regulamento municipal que apresenta alguns tipos de restrições, quanto a parte arquitetônica que não pode sofrer alterações e também com a implantação de elementos justapostos em telhados e fachadas, para qualquer tipo de obra a ser realizada. Neste trabalho foram analisadas as possibilidades em questão para uma melhora na qualidade térmica e uma consequente economia nos gastos com energia, priorizando as soluções passivas com relação as ativas pelo motivo da utilização de energias renováveis.

Neste estudo foi analisado o efeito do isolamento térmico realizado nas paredes de inércia externas e também o fechamento da varanda transformando-a numa estufa anexa e proteções solares aplicados neste processo, sendo elas internas ou externas.

Com isso foram analisados os valores obtidos das modelagens realizadas e pode-se concluir que a aplicação do isolamento térmico pelo lado exterior obtém resultados mais satisfatórios para a residência tanto quanto para as temperaturas internas como consequentemente para as quantidades de energia elétrica necessárias de atingir o conforto térmico. Do mesmo modo que a estufa anexa traz a vantagem de deixar os cômodos os quais estão em contato com temperaturas mais elevadas no inverno, o que colabora para o conforto residencial e no verão a vantagem de se aplicar a proteção pelo exterior dos vãos envidraçados.

Tendo essas soluções definidas pode-se afirmar que são fáceis de implementar nos edifícios existentes da zona histórica, quer a nível técnico e econômico, não comprometendo com o valor arquitetônico na maioria das vezes.

7.1. Trabalhos Futuros

A necessidade da continuação de estudos nesta área é evidente. As obrigatoriedades legislativas e a busca pela utilização correta dos recursos e impactos que as obras em geral trazem consigo impulsionam a construção civil para um desempenho mais eficaz.

Como o regulamento restringe as possíveis modificações que uma residência pode sofrer, para trabalhos futuros se faz necessário o estudo de alguns métodos mesmo que não permitidos pela legislação para reabilitações. Exemplo são as alterações compostas de paredes verdes (não sendo em fachadas principais) mantendo assim a característica histórica. Sugere-se também a realização de estudos e experimentos com variações de sistemas vivos, que possam ser aplicados com essa funcionalidade, na região; e a possível mudança em telhados, com a possibilidade da colocação de telhas com novas tecnologias sem a alteração do seu visual, como telhas fotovoltaicas, juntamente aos declives e volumes dos mesmos ou até a implementação de telhados verdes, verificando as condições dos sistemas exatamente igual sugerido para paredes verdes.

Outros trabalhos que se faz necessário é o estudo em outras casas na região das possíveis formas de isolamento térmico com outros materiais, a realização da verificação de outras formas de proteções solares para vãos envidraçados e também o estudo da possibilidade de aumentar a quantidade dos vãos envidraçados na região visando que para o inverno a incidência dos raios solares colabora para o aquecimento interno.

Este tema oferece inúmeras outras possibilidades de estudos e vivencia um crescimento na comunidade acadêmica durante o decorrer dos últimos anos. Novas técnicas e tecnologias devem ser desenvolvidas e estudadas para que cada vez mais material seja disponível para que, com as corretas tomadas de decisões em projetos, os edifícios se adequem a uma postura bioclimática.

REFERÊNCIAS

- [1] M. Košir, *Climate Adaptability of Buildings*. 2019.
- [2] V. Córias, *Guia Prático para a conservação de imóveis*, Edições Do. .
- [3] R. M. G. C. Rodrigues, “Manutenção de edifícios : análise e exploração de um banco de dados sobre um parque habitacional,” 1989.
- [4] J. Appleton, “Reabilitação de Edifícios: princípios e práticas,” 2014.
- [5] Diário da República, “Decreto-Lei n.º 118/2013, DE 20 DE agosto (desempenho energético dos edifícios),” *Diário da República*, vol. 159, pp. 4988–5005, 2013.
- [6] “Certificados energéticos: maioria das casas é de classe C e só 0,9% têm nota máxima (A+) — idealista/news.” [Online]. Available: <https://www.idealista.pt/news/imobiliario/habitacao/2014/07/24/22407-certificados-energeticos-maioria-das-casas-e-de-classe-c-e-so-0-9-tem-nota-maxima-a>.
- [7] Parlamento Europeu e do Conselho, “Diretiva 2018/844 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 30 de maio de 2018 que altera a Diretiva 2010/31/UE relativa ao desempenho energético dos edifícios e a Diretiva 2012/27/UE sobre a eficiência energética,” *J. Of. da União Eur.*, vol. L156, pp. 75–91, 2018.
- [8] Freeman, *Biophilic and Bioclimatic Architecture*, vol. 53, no. 9. 2013.
- [9] H. Gonçalves and J. M. Graça, “Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal.”
- [10] A. J. F. Vaz, D. Ferreira, E. Luso, and S. Fernandes, *Manual Biourb : manual para a conservação e reabilitação da diversidade bioconstrutiva*. 2013.
- [11] N. Aste, F. Leonforte, M. Manfren, and M. Mazzon, “Thermal inertia and energy efficiency - Parametric simulation assessment on a calibrated case study,” *Appl. Energy*, 2015.
- [12] H. de A. Leal, “Avaliação do impacte dos solários no desempenho energético de edifícios,” 2011.
- [13] J. M. E. Chaves, “A influência do tipo de envidraçados e da inércia térmica dos materiais na prevenção de situações de sobreaquecimento no verão: uma análise baseada no RCCTE,” 2014.
- [14] L. M. Monteiro, “Levantamento das Condições de Habitabilidade de Caracterização Higrométrica de Edifícios de Pequeno Porte em Bragança,” 2016.
- [15] “C.M. Bragança | Breve Panorâmica Histórica.” [Online]. Available: <https://www.cm-braganca.pt/pages/143>.

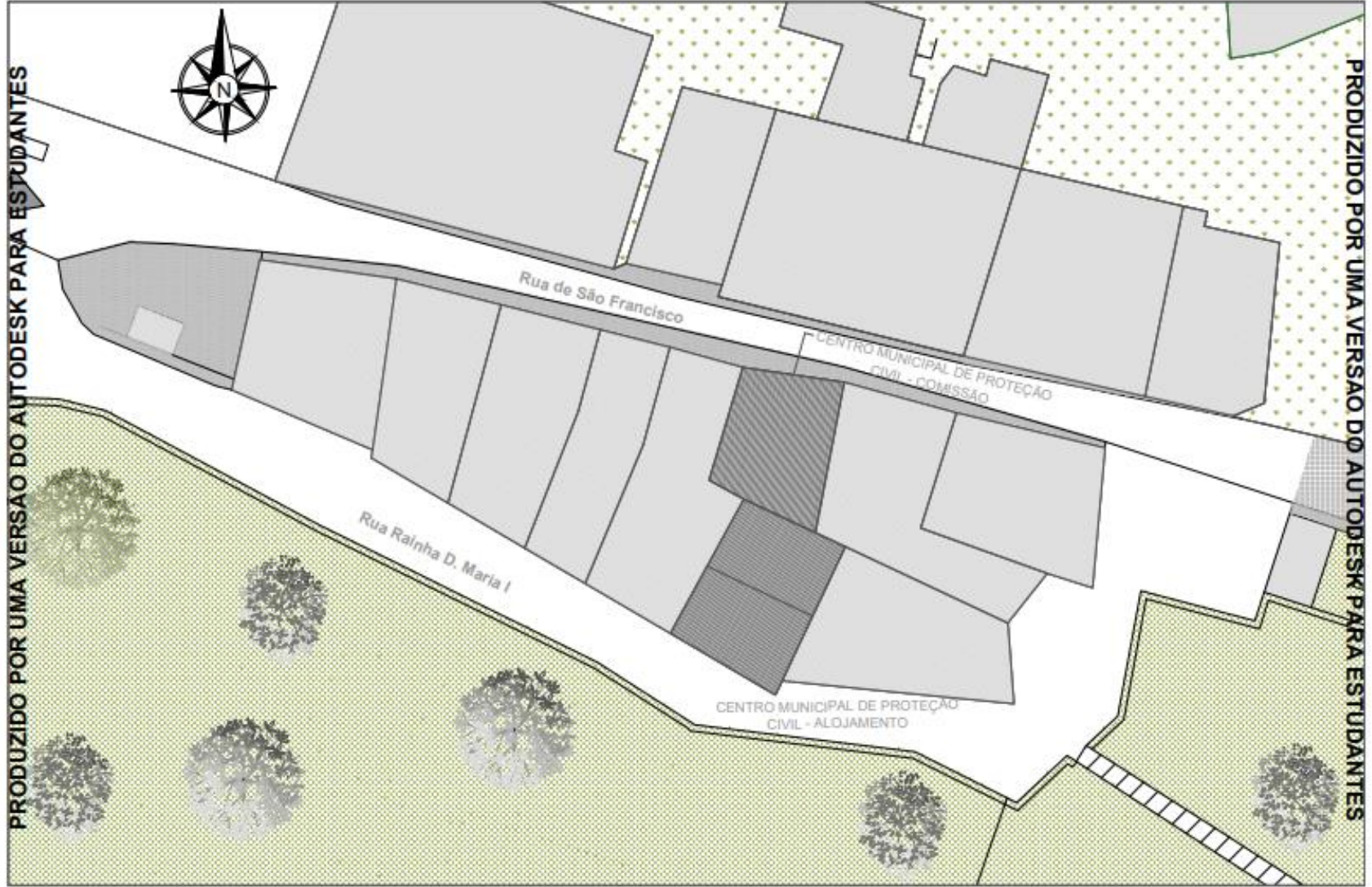
- [16] E. Luso, “Contribuição para Intervenções no Centro Histórico de Bragança,” no. C, 2002.
- [17] L. A. Rodrigues, “Bragança no século XVIII,” 1995.
- [18] E. Luso, P. B. Lourenço, and M. Almeida, “Centro Histórico de Bragança: caracterização do edificado, aspectos arquitectónicos e anomalias,” pp. 1–14.
- [19] “Cinema regressa a Bragança em maio após cinco anos | Diário de Trás-os-Montes.” [Online]. Available: <https://www.diariodetrasmontes.com/noticia/cinema-regressa-braganca-em-maio-apos-cinco-anos>.
- [20] “Clima característico em Bragança, Portugal durante o ano - Weather Spark.” [Online]. Available: <https://pt.weatherspark.com/y/33562/Clima-característico-em-Bragança-Portugal-durante-o-ano#Sections-Summary>.
- [21] G. de O. Menezes, “Análise do Clima Urbano da Cidade de Bragança,” p. 57, 2017.
- [22] “humidade relativa Bragança - Observações 05.2020 intervalo: 52 semana | Portugal Retrospectiva do tempo.” [Online]. Available: <https://www.weatheronline.pt/weather/maps/city>.
- [23] D. da R. I Série-B, N.º126, (31.05.2000), *Cria o Sistema de Incentivos a Projetos de Urbanismo Comercial*.
- [24] Resolução do Conselho de Ministros, *Regulamento do Plano de Pormenor para a Zona Histórica de Bragança I*. 2007, pp. 4746–4761.
- [25] G. de Portugal, “Decreto Lei 95/2019,” vol. 6, no. 1, pp. 5–10, 2019.

ANEXOS

ANEXO I

Representação da casa estudada em um mapa para identificação

PRODUZIDO POR UMA VERSÃO DO AUTODESK PARA ESTUDANTES



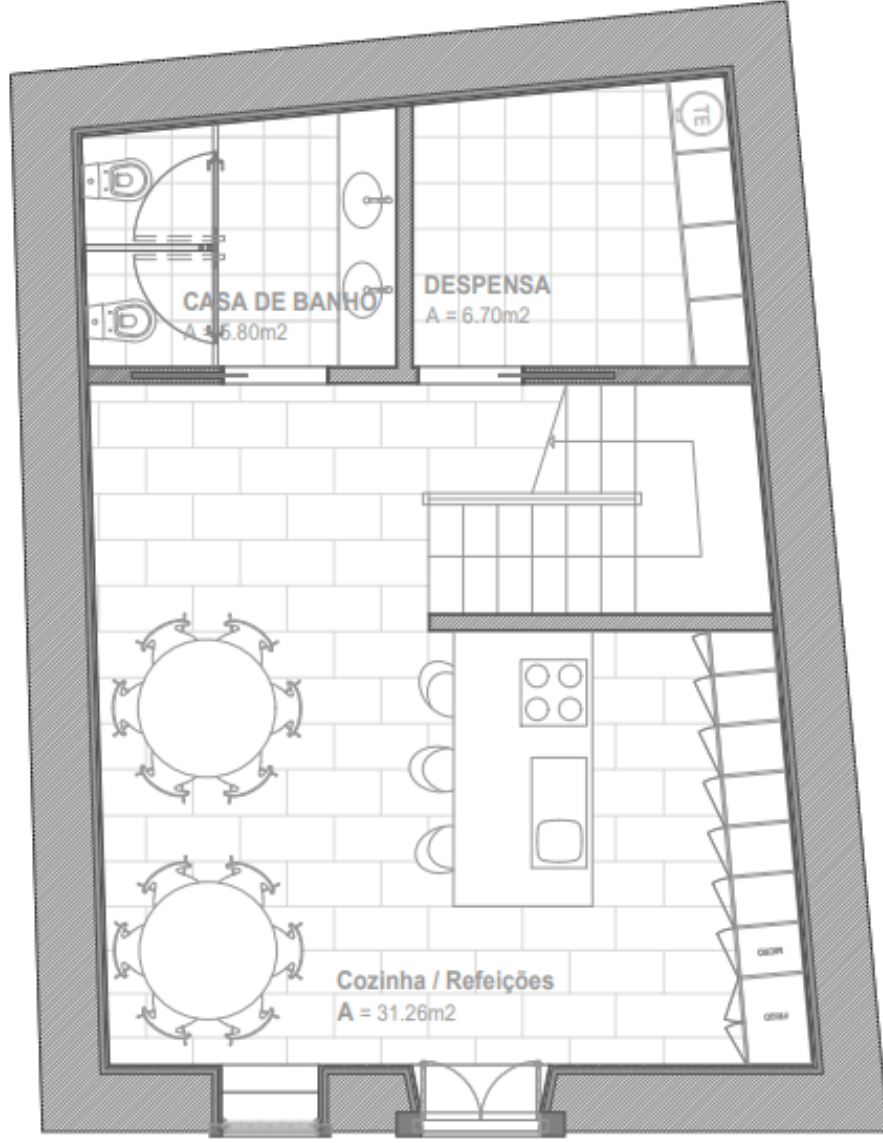
PRODUZIDO POR UMA VERSÃO DO AUTODESK PARA ESTUDANTES

ANEXO II

Planta das divisões internas de cada piso do edifício

PRODUZIDO POR UMA VERSÃO DO AUTODESK PARA ESTUDANTES

PRODUZIDO POR UMA VERSÃO DO AUTODESK PARA ESTUDANTES

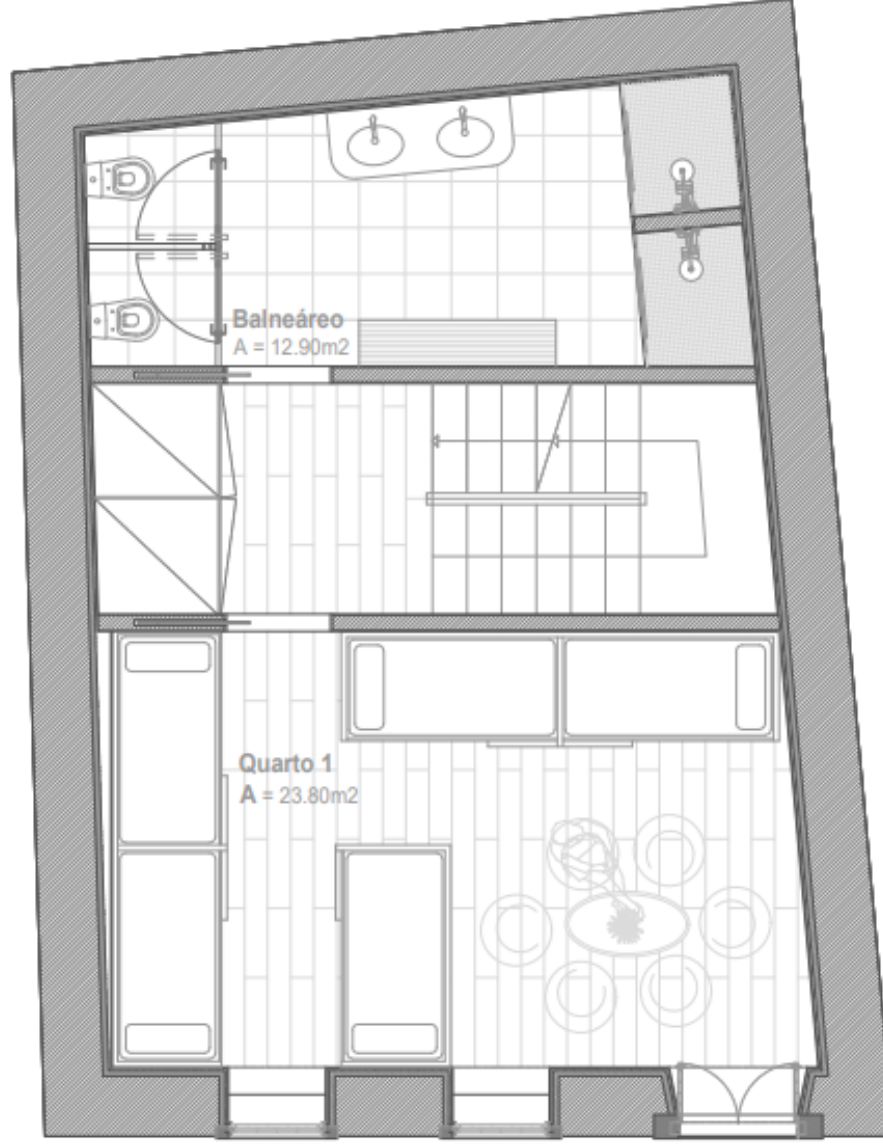


PRODUZIDO POR UMA VERSÃO DO AUTODESK PARA ESTUDANTES

PRODUZIDO POR UMA VERSÃO DO AUTODESK PARA ESTUDANTES

PRODUZIDO POR UMA VERSÃO DO AUTODESK PARA ESTUDANTES

PRODUZIDO POR UMA VERSÃO DO AUTODESK PARA ESTUDANTES

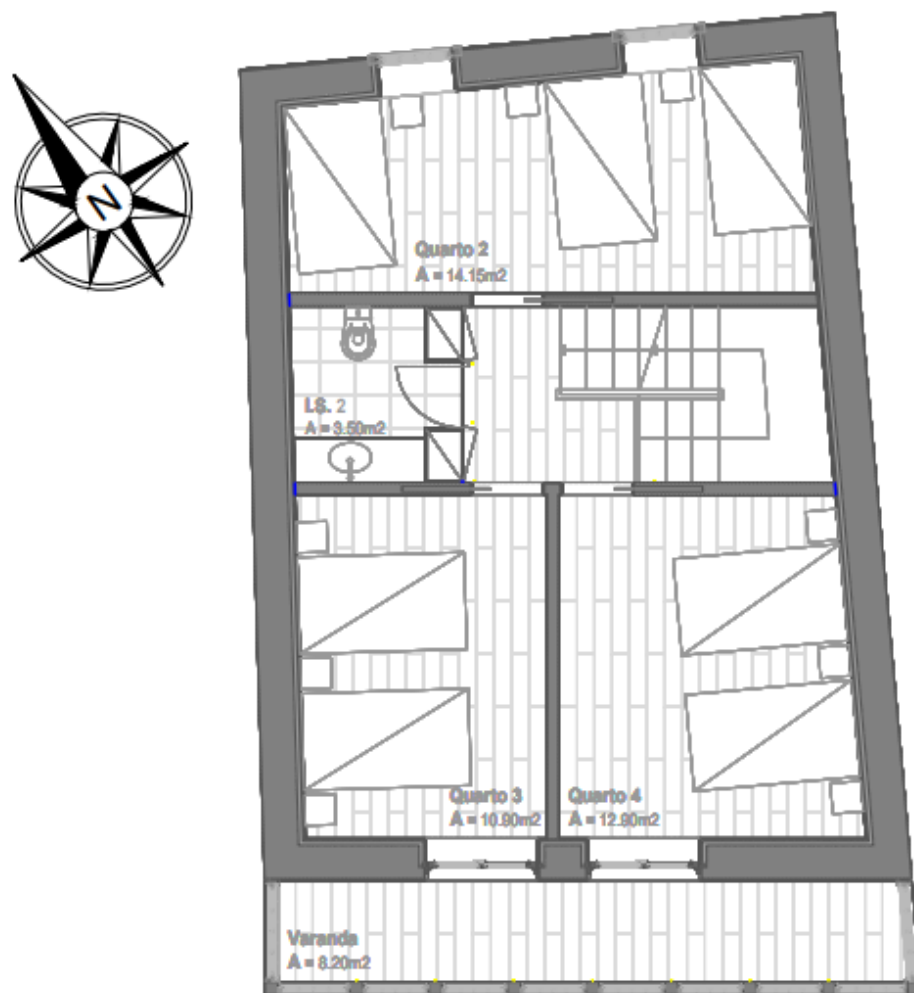


PRODUZIDO POR UMA VERSÃO DO AUTODESK PARA ESTUDANTES

PRODUZIDO POR UMA VERSÃO DO AUTODESK PARA ESTUDANTES

PRODUZIDO POR UMA VERSÃO DO AUTODESK PARA ESTUDANTES

PRODUZIDO POR UMA VERSÃO DO AUTODESK PARA ESTUDANTES



PRODUZIDO POR UMA VERSÃO DO AUTODESK PARA ESTUDANTES

PRODUZIDO POR UMA VERSÃO DO AUTODESK PARA ESTUDANTES

ANEXO III

Corte transversal do edifício, apresentando uma visão de cada piso

PRODUZIDO POR UMA VERSÃO DO AUTODESK PARA ESTUDANTES

PRODUZIDO POR UMA VERSÃO DO AUTODESK PARA ESTUDANTES



PRODUZIDO POR UMA VERSÃO DO AUTODESK PARA ESTUDANTES

PRODUZIDO POR UMA VERSÃO DO AUTODESK PARA ESTUDANTES

Corte AA'