



**Politécnico  
de Viseu**

Escola Superior  
de Tecnologia  
e Gestão de Viseu

# **CERTIFICAÇÃO WELL EM CONTEXTO DE REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS ANTIGOS: CASO DE ESTUDO DA "CASA DOS BALCÕES" NO CENTRO HISTÓRICO DE VISEU**

Jeane Carla dos Santos

## **Dissertação**

Mestrado em Engenharia de Construção e Reabilitação

Trabalho efetuado sob a orientação de  
Professor Doutor Ricardo Manuel dos Santos Ferreira de Almeida  
Professor Doutora Heloiza Piassa Benetti

Novembro de 2023



**Politécnico  
de Viseu**

Escola Superior  
de Tecnologia  
e Gestão de Viseu

# **CERTIFICAÇÃO WELL EM CONTEXTO DE REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS ANTIGOS: CASO DE ESTUDO DA "CASA DOS BALCÕES" NO CENTRO HISTÓRICO DE VISEU**

Jeane Carla dos Santos

## **Dissertação**

Mestrado em Engenharia de Construção e Reabilitação

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professor Doutor Ricardo Manuel dos Santos Ferreira de Almeida  
Professor Doutora Heloiza Piassa Benetti

Novembro de 2023



## **AGRADECIMENTOS**

Os primeiros agradecimentos vão a minha família, em especial meus pais, João e Elizete, que sempre me apoiaram e fizeram o possível e impossível para que eu tivesse as melhores oportunidades. Ao meu irmão Jean, em que me espelho muito, e que abriu os caminhos para que eu pudesse segui-lo. Aos meus amigos que sempre estiveram comigo desde o começo da faculdade, aos que estiveram comigo antes da faculdade, aos que fui conhecendo ao longo dos anos e aos que me ajudaram no intercambio. Meu muito obrigada!

Agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná pelas oportunidades e pela graduação de qualidade, e ao Instituto Politécnico de Viseu pelo mestrado em uma área que me identifiquei tanto.

Agradecimento especial ao meu orientador Ricardo Almeida e a minha coorientadora Heloiza Benetti que me ajudaram muito e sempre foram muito prestativos ao longo de toda essa caminhada.

Obrigada!



*“Um mago nunca se atrasa, nem se adianta,  
ele chega exatamente quando pretende chegar.”*

Gandalf

## RESUMO

O conceito de conforto deve englobar a comunidade, o ambiente como um todo, a iluminação, a nutrição e a mobilidade. Conforto, nesse contexto mais amplo, permeia diversos aspectos da vida. Outro termo frequentemente subestimado em relação à sua abrangência é a sustentabilidade. Embora seja comumente vinculada à economia de recursos materiais e minerais, a sua verdadeira conexão vai além, conforme destacam os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) definidos pela ONU. Embora nas construções mais recentes todo o espectro do conceito de conforto e sustentabilidade esteja sendo explorado, nas construções antigas, essa tarefa torna-se mais desafiadora, dada a necessidade de preservar os elementos essenciais e identitários que conferem singularidade àquela edificação. Portanto, é importante a criação de uma certificação específica ou a adaptação de uma já existente para avaliar o conforto em edifícios reabilitados ou em reabilitação.

Em conformidade com essa perspectiva, este trabalho aborda a importância da sustentabilidade no contexto atual, destacando a escassez de recursos naturais e a crescente preocupação com o meio ambiente. Enfatiza-se a relevância da sustentabilidade, especialmente no contexto da reabilitação de edifícios antigos, como uma forma de economia, redução de poluição e preservação histórica. Além disso, explora-se o conceito de conforto, ressaltando a sua importância para o bem-estar das pessoas em ambientes construídos. Discute-se a Certificação WELL, que se concentra no conforto e bem-estar dos ocupantes de edifícios. No entanto, é feita a observação que a integração entre reabilitação e certificações ainda é limitada, especialmente no que diz respeito a outros aspectos do conforto além do térmico. O objetivo da dissertação é ampliar a compreensão sobre certificações e conforto em edifícios antigos, aplicando a parte de conforto térmico da Certificação WELL num caso de estudo e explorando desafios e oportunidades ainda não investigadas. Foram utilizadas ferramentas informáticas de simulação térmica e energética (DesignBuilder) para atender aos tópicos da certificação.

Com a metodologia verificou-se que é possível aplicar a certificação WELL Conforto Térmico no contexto de reabilitação e os resultados se mostraram globalmente positivos, no entanto, com a necessidade de alguns ajustes e mudanças no modelo da certificação para melhor se enquadrar em reabilitações.

**Palavras-chave:** Certificação WELL; Reabilitação; Sustentabilidade; Conforto Térmico.

## ABSTRACT

The concept of comfort should encompass the community, the environment as a whole, lighting, nutrition, and mobility. Comfort, in this broader context, permeates various aspects of life. Another term frequently underestimated in terms of its scope is sustainability. Although commonly linked to the economy of material and mineral resources, its true connection goes beyond, as highlighted by the 17 Sustainable Development Goals (SDGs) defined by the UN. While in newer constructions, the entire spectrum of comfort and sustainability concepts is being explored, in older constructions, this task becomes more challenging, given the need to preserve the essential and identity-conferring elements that give uniqueness to that building. Therefore, it is important to create a specific certification or adapt an existing one to assess comfort in rehabilitated buildings or those undergoing rehabilitation.

In line with this perspective, this work addresses the importance of sustainability in the current context, highlighting the scarcity of natural resources and the growing concern for the environment. The relevance of sustainability is emphasized, especially in the context of the rehabilitation of old buildings, as a means of economy, pollution reduction, and historical preservation. Furthermore, the concept of comfort is explored, emphasizing its importance for people's well-being in built environments. The WELL Certification, which focuses on the comfort and well-being of building occupants, is discussed. However, it is noted that the integration between rehabilitation and certifications is still limited, especially regarding other aspects of comfort beyond thermal comfort. The dissertation's objective is to broaden the understanding of certifications and comfort in old buildings, applying the thermal comfort part of the WELL Certification in a case study and exploring challenges and opportunities that have not yet been investigated. Thermal and energy simulation computer tools (DesignBuilder) were used to address certification topics.

The methodology verified that it is possible to apply the WELL Thermal Comfort certification in the context of rehabilitation, and the results were generally positive; however, some adjustments and changes to the certification model are needed to better fit rehabilitations.

**Keywords:** WELL Certification; Rehabilitation; Sustainability; Thermal Comfort.



# ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS.....	ii
RESUMO .....	v
ABSTRACT.....	vi
ÍNDICE GERAL.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABELAS.....	xiii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	xiv
1. Introdução .....	1
1.1 Enquadramento do tema.....	1
1.2 Objetivo do trabalho.....	2
1.3 Estruturação do trabalho .....	2
2. Estado da arte .....	4
2.1 Considerações iniciais.....	4
2.2 Sustentabilidade e construção .....	4
2.3 Certificações de sustentabilidade de edifícios .....	6
2.4 Reabilitação de edifícios .....	12
2.5 Conforto térmico .....	13
2.6 Reabilitação térmica de edifícios antigos.....	16
2.7 Certificação WELL .....	17
2.8 Certificações sustentáveis aplicáveis a edifícios antigos .....	20
3. Metodologia .....	22
3.1 Caso de estudo: edifício “Casa dos Balcões”.....	22
3.2 Tarefas e procedimento adotado .....	29
4. Simulação de conforto térmico .....	31
4.1 Descrição do modelo.....	31
4.2 Avaliação do conforto térmico.....	36
5. Certificação WELL – Conforto Térmico .....	41
5.1 T01 Desempenho térmico .....	41

5.2	T02 Conforto térmico verificado .....	42
5.3	T03 Zoneamento térmico.....	43
5.4	T04 Controlo térmico individual .....	43
5.5	T05 Conforto térmico radiante .....	44
5.6	T06 Monitoramento do conforto térmico .....	44
5.7	T07 Controlo de humidade .....	44
5.8	T08 $\beta$ Janelas operáveis aprimoradas .....	45
5.9	T09 $\beta$ Conforto térmico externo .....	45
6.	Resultados e discussão .....	47
6.1	Verificação dos recursos WELL .....	47
6.1.1	Verificação do recurso T01 – Desempenho Térmico .....	47
6.1.2	Verificação do recurso T02 – Conforto Térmico Verificado .....	57
6.1.3	Verificação do recurso T03 – Zoneamento Térmico.....	58
6.1.4	Verificação do recurso T04 – Controlo Térmico Individual .....	58
6.1.5	Verificação do recurso T05 – Conforto Térmico Radiante .....	58
6.1.6	Verificação do recurso T06 – Monitoramento do Conforto Térmico .....	59
6.1.7	Verificação do recurso T07 – Controlo de Humidade.....	60
6.1.8	Verificação do recurso T08 – $\beta$ Janelas operáveis aprimoradas.....	61
6.1.9	Verificação do recurso T09 – $\beta$ Conforto Térmico Externo.....	62
6.2	Discussões Gerais .....	62
7.	Conclusões.....	64
7.1	Conclusões.....	64
7.2	Sugestões de trabalhos futuros .....	66
	Referências .....	67
	Anexo A – Pontuação detalhada WELL.....	70
	Anexo B – T01.1 .....	73
	Anexo C – T02.1 .....	74
	Anexo D – T02.1 .....	76
	Anexo E – T04.1.....	77
	Anexo F – T04.2.....	78
	Anexo G – T06.1 .....	79
	Anexo H – T07.1 .....	80

Anexo I – T08.1 ..... 81

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - LEED .....	8
Figura 2 – 17 objetivos ODS. ....	9
Figura 3 - Balanço térmico individual. ....	14
Figura 4 - Temperatura operativa aceitável para espaços condicionados naturalmente.....	16
Figura 5 - Mapa de localização de Viseu em relação a Portugal.....	22
Figura 6 - Mapa das freguesias de Viseu Dão-Lafões.....	23
Figura 7 - Localização de satélite do edifício estudado.....	24
Figura 8 - Fachada Casa dos Balcões. ....	25
Figura 9 - Planta topográfica do centro histórico de Viseu em 1864. ....	25
Figura 10 - Planta de localização atual da Casa dos Balões.....	26
Figura 11 - Plantas baixas dos 5 pisos da Casa dos Balcões. ....	27
Figura 12 – Fachada Casa dos Balcões. ....	28
Figura 13 - Telhado Casa dos Balcões. ....	28
Figura 14 - Estrutura em madeira do telhado Casa dos Balcões .....	29
Figura 15 - Fachada frontal modelada em DesignBuilder.....	32
Figura 16 - Fachada traseira modelada em DesignBuilder.....	32
Figura 17 - Vista superior modelada em DesignBuilder. ....	33
Figura 18 - Composição atual parede externa. ....	34
Figura 19 - Composição atual paredes internas e semi-expostas. ....	34
Figura 20 - Composição do pavimento.....	35
Figura 21 - Composição atual telhado.....	35
Figura 22 - Composição atual forro.....	36
Figura 23 - Zonas escolhidas para estudo, pavimento 01, 02, 03 e 04 respectivamente. ....	37
Figura 24 - Gráfico de conforto atual zona 02 pavimento 01.....	38
Figura 25 - Gráfico de conforto atual zona 05 pavimento 02.....	39
Figura 26 - Gráfico de conforto atual zona 05 pavimento 03.....	39
Figura 27 - Gráfico de conforto atual zona 04 pavimento 04.....	40
Figura 28 - Configuração da nova cobertura. ....	48
Figura 29 - Configuração nova parede externa. ....	49
Figura 30 - Gráfico de conforto atual zona 02 pavimento 01.....	50

Figura 31 - Gráfico de conforto para novos vidros zona 02 pavimento 01. ....	50
Figura 32 - Gráfico de conforto para novo telhado zona 02 pavimento 01. ....	51
Figura 33 - Gráfico de conforto para novas paredes zona 02 pavimento 01. ....	51
Figura 34 - Gráfico de conforto com todos os isolamentos zona 02 pavimento 01.....	51
Figura 35 - Gráfico de conforto atual zona 05 pavimento 03. ....	52
Figura 36 - Gráfico de conforto para novos vidros zona 05 pavimento 03. ....	53
Figura 37 - Gráfico de conforto para novo telhado zona 05 pavimento 03. ....	53
Figura 38 - Gráfico de conforto para novas paredes zona 05 pavimento 03. ....	53
Figura 39 - Gráfico de conforto com todos os isolamentos zona 05 pavimento 03.....	54
Figura 40 - PMV na zona 05 pavimento 03 sem climatização: a) em janeiro; b) em agosto. .	55
Figura 41 - PMV para zona 04 pavimento 04 em janeiro sem climatização sem climatização: a) em janeiro; b) em agosto.....	55
Figura 42 - PMV para zona 05 pavimento 03 em a) janeiro com Heating Set Point de 20 °C e b) agosto com Cooling Set Point de 25°C .....	56
Figura 43 - PMV para zona 04 pavimento 04 em a) janeiro com Heating Set Point de 20 °C e b) agosto com Cooling Set Point de 25°C.....	56
Figura 44 - PMV para janeiro com Heating Set Point de 23°C para as zonas a) 05 pavimento 03 e b) 04 pavimento 04.....	56
Figura 45 - Imagem frontal apresentando uma deformação visível de uma viga na “Casa dos Balcões”. ....	59
Figura 46 - Humidade relativa do ar ao longo do ano no edifício "Casa dos Balcões" .....	60
Figura 47 - Corte do edifício "Casa dos Balcões". ....	61
Figura 48 - Ampliação do corte do edifício "Casa dos Balcões".....	62

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Atividade metabólica.....	14
Tabela 2 - Resistência térmica do vestuário. ....	15
Tabela 3 - Pontuação mínima WELL e WELL Core. ....	19
Tabela 4 - Pontuação do zoneamento térmico.....	43
Tabela 5 - Condições para espaços condicionados naturalmente.....	47
Tabela 6 - Resistencia térmica e coeficiente de transmissão atuais e novos. ....	49
Tabela 7 - Gráfico comparativo de conforto térmico adaptativo para a zona 02 do pavimento 01. ....	50
Tabela 8 - Gráfico comparativo de conforto térmico adaptativo para a zona 05 do pavimento 03. ....	52
Tabela 9 - Energia consumida para aquecimento e arrefecimento do edifício.....	57
Tabela 10 - Pontuação real e fictícia para conforto térmico.....	63

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i>
NBR	Norma Técnica Brasileira
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
UNCHE	<i>United Nations Conference on the Human Environment</i>
USGBC	<i>U.S. Green Building Council</i>
BRE	<i>Building Research Establishment</i>
BREEAM	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i>
ESG	<i>Environmental, Social and Governance</i>
PMV	<i>Predicted Mean Vote</i>
PPD	<i>Predicted Percentage of Dissatisfied</i>
UNESCO	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>
ETICS	<i>External Thermal Insulation Composite Systems</i>
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado





# 1. Introdução

## 1.1 Enquadramento do tema

A questão de sustentabilidade é de grande importância no contexto atual, uma vez que os recursos naturais do planeta estão cada vez mais escassos e a sociedade caminha para um futuro em que as pessoas se preocupam mais com a esfera terrestre. No entanto, sustentabilidade é um tópico que pode ser definido de várias maneiras, para este artigo a relevância é no âmbito de conforto e reabilitação de edifícios.

A reabilitação de prédios antigos vem tomando força no velho mundo, como uma forma de economia, mas também de evitar desperdícios e reduzir a poluição, uma vez que a indústria de construção civil atualmente é uma das que mais poluem o planeta Terra. Além disso, a reabilitação também é uma maneira de preservar a história local, provando que apesar da passagem de décadas e até de centenas de anos, a construção civil sempre se fez presente, mostrando beleza e durabilidade de edificações nas mais diversas cidades.

Um tópico adicional a explorar é o tema conforto, que a medida em que o mundo avança e a população se preocupada cada vez mais com a saúde, a reflexão sobre isso se faz necessária. O conforto, assim como a sustentabilidade, é um tema bastante abrangente, mas neste artigo ele é voltado para o bem-estar de indivíduos no interior de edificações. Além do pensamento comum, o conforto em uma habitação ou ambiente de trabalho é muito mais do que apenas conforto térmico, ele envolve iluminação, acústica, nutrição, movimento entre outros recursos que são intrinsicamente tratados na Certificação WELL. Uma certificação que surgiu em 2014 e leva em consideração o conforto e bem-estar dos ocupantes de uma edificação, diferentemente de outras certificações mais antigas e que também são muito importantes para sociedade, mas normalmente tratam apenas de economia financeira e meio ambiente.

A junção entre reabilitação e certificações ainda se mostra bem limitada, aparecendo apenas em algumas certificações com alguns recursos mais voltados para a manutenção. Então, apesar de reabilitação de conforto térmico em edifícios antigos já ser um tema tratado em Portugal, os outros tópicos que o conforto abrange ainda são pouco, ou quase nada discutidos, e ainda sem uma certificação que trate do assunto diretamente. O objetivo deste trabalho é ampliar a visão sobre certificações e conforto na questão de prédios antigos, utilizando como método a aplicação de uma parte da Certificação WELL em uma reabilitação e apresentando seus desafios e suas capacidades ainda inexploradas.

## 1.2 Objetivo do trabalho

O presente trabalho tem como objetivo apresentar as potencialidades e dificuldades na implementação de certificações em contexto de edifícios antigos reabilitados, usando como estudo de caso a aplicação da certificação WELL no âmbito de conforto térmico na reabilitação do edifício “Casa dos Balcões” localizado no centro histórico de Viseu. Para esse efeito foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Realização de uma pesquisa bibliográfica que permita estabelecer o estado da arte sobre certificações associadas à sustentabilidade aplicáveis aos edifícios;
- Realização de uma modelação, caso de estudo e simulações do seu comportamento térmico;
- Caracterização detalhada da metodologia de certificação WELL voltada ao conforto térmico;
- Identificação de soluções de reabilitação do edifício que atribuam pontuação a Certificação WELL-Conforto Térmico.

## 1.3 Estruturação do trabalho

Seguindo os objetivos, a dissertação foi estruturada em sete capítulos para o melhor entendimento.

No capítulo 1 está apresentado a contextualização do tema, e os determinados objetivos principal e específicos.

No capítulo 2 é abordado o surgimento da sustentabilidade na construção civil, tão bem quanto as certificações utilizadas atualmente e como elas se enquadram em edifícios já existentes.

No capítulo 3 apresenta-se uma descrição intrínseca do edifício “Casa dos Balcões” e a metodologia utilizada.

No capítulo 4, é apresentado o processo de modelação no software pré-determinado e utilizando a modelação, foram feitas as simulações de conforto térmico.

Seguidamente, no capítulo 5, está apresentada a parte de conforto térmico da certificação WELL, a qual será aplicada no capítulo 6.

No capítulo 6 é feita a aplicação da certificação WELL para conforto térmico, apresentando suas dificuldades e potenciais e, a pontuação adquirida ou que poderia ser conquistada.

Por último, no capítulo 7, são descritas as referentes conclusões sobre os resultados apresentados durante a dissertação e sugestões para trabalhos futuros.

## **2. Estado da arte**

### **2.1 Considerações iniciais**

O estado da arte deste estudo foi organizado em quatro temáticas: a primeira (secção 2.2) discute a sustentabilidade e a construção; a segunda (secção 2.3) apresenta as certificações sustentáveis ligadas aos edifícios; na terceira (secção 2.4) é introduzido o conceito de reabilitação; na quarta (secção 2.5) são apontados os conceitos de conforto térmico e conforto térmico adaptativo; na quinta (secção 2.6) são explorados estudos de reabilitação de conforto térmico em edifícios antigos; na sexta (secção 2.7) apresenta-se uma caracterização detalhada da certificação WELL; e na última (secção 2.8) é apresentado detalhadamente uma classificação LEED voltada para a reabilitação e manutenção.

### **2.2 Sustentabilidade e construção**

Na época da Revolução Industrial, entre 1760 e 1840, pensava-se que os recursos naturais da Terra eram infinitos, e que as soluções para países cada vez mais desenvolvidos haviam chegado. No entanto, estudos indicam que em 1961 já eram necessários 63% dos recursos da Terra para atender às demandas humanas, com o número a crescer de forma quase exponencial. Em 1980 já se necessitava de 100%, referindo-se que, mantendo esse ritmo, em 2030 já seriam necessários 2 planetas para suprir todas as demandas (Barbault, 2011)

Apesar de, nos dias de hoje, sustentabilidade ou desenvolvimento sustentável serem conceitos muito discutidos, foi só em 1972, na cidade de Estocolmo, Suécia, na Primeira Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano (United Nations Conference on the Human Environment – UNCHE), que o conceito de sustentabilidade apareceu publicamente. Ele trazia

a ideia que desenvolver-se de forma sustentável é suprir as necessidades sem esgotar os recursos naturais, utilizando-os de forma consciente.

A norueguesa Gro Harlem Brundtland apresenta pela primeira vez que se tem registo a expressão “desenvolvimento sustentável”, no fórum Nosso Futuro Comum no ano de 1987 (Brundtland, 1987): “*o desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades*”. Além da necessidade de conservar os recursos naturais, Brundtland enfatizava que não é possível preservar o planeta sem a cooperação dos países para resguardar os ecossistemas e garantir o básico para a sua população. Também destacava a importância de fomentar o desenvolvimento tecnológico em países menos desenvolvidos, para que o crescimento mundial fosse uniforme.

Após esse acontecimento, a discussão sobre desenvolvimento sustentável foi cada vez mais presente, unindo vários países em várias conferências sobre o tema, como a ECO-92 no Rio de Janeiro no ano de 1992, e apresentação da Agenda 21, que era composta principalmente por 4 seções:

- I. Dimensões sociais e económicas;
- II. Conservação e gestão de recursos para o desenvolvimento;
- III. Fortalecer o papel dos grandes grupos;
- IV. Meios de implementação.

Cada capítulo é composto por vários subcapítulos que preenchem as 351 páginas do documento. (United Nations Conference on Environment & Development. Rio de Janeiro, Brazil, 3 to 14 June 1992).

A construção civil, de maneira geral, pode-se enquadrar em todas as secções, mas de maneira mais direta, na secção II, sobre a conservação e gestão de recursos, dado que a indústria da construção civil causa poluição ou degradação em três fases principais (Roth e Garcias, 2009):

1. Na extração e fabricação dos materiais;
2. Na execução da obra;
3. Na deposição dos resíduos que foram gerados.

Na primeira fase, é onde se enquadra, por exemplo, a fabricação de cimento, que de acordo com o *World Business Council for Sustainable Development*, de 2002, é responsável por aproximadamente 3% da emissão de gases causadores do efeito estufa e 5% da produção e emissão de CO<sub>2</sub> a nível mundial, em que 50% é referente ao processo produtivo, 5% provém da eletricidade, 5% do transporte e 40% é referente ao processo de clínquerização (Carvalho e Blumenschein, 2012). Além de questões relacionadas com a saúde aos trabalhadores das fábricas, a poluição sonora que lhe está associada também é muito relevante (Ribeiro et al, 2002). A extração de material para a construção civil é responsável por, aproximadamente, entre 14% a 50% do consumo de recursos naturais de todo o mundo (Resende, 2007).

Na fase de execução da obra, é comum que haja ruídos em excesso, má gestão do estaleiro, podendo degradar-se uma área e eventualmente contaminar lençóis freáticos, além da emissão de material particulado, que pode causar problemas respiratórios e cardíacos em seres humanos e outros animais, afetando a fauna da região (Resende, 2007).

Adicionalmente, a deposição dos resíduos gerados por novas construções, demolições ou reabilitações são considerados responsáveis por cerca de 35% do total de detritos sólidos originados no planeta. A sua disposição não é sempre feita corretamente, sendo que apenas uma percentagem baixa é reutilizada em novas tecnologias, como o betão demolido ser usado para fazer novos betões. A maior parte dos resíduos acaba em aterros, superando muitas vezes os próprios resíduos domésticos (Chen et al., 2018).

Observando todo o contexto de poluição e degradação ambiental por parte da indústria da construção, iniciativas públicas e privadas começaram a surgir, desenvolvendo meios para que empreiteiros, engenheiros e empresas da área tivessem o seu interesse despertado para a sustentabilidade. Para isso, é necessário que os empresários do setor vejam vantagens em construir de forma sustentável. Algumas dessa vantagens são as seguintes: menor consumo de matérias-primas, menos gasto de energia, maior organização, implicando uma obra entregue dentro do prazo ou até antes dele, e menor tempo gasto com retrabalho, entre outras questões. Finalmente, uma obra com selo verde agrega valor de mercado (Silva, 2014).

Silva (2014) ressalta ainda que, mesmo que uma edificação leve o título de *greenbuilding*, ela pode estar fora dos padrões sustentáveis por vários motivos, um deles é que o país de origem da certificação pode ter normas, ambientes e modo de construção muito distintos do país em que ela está sendo implementada, o que vai de encontro com a premissa de sustentabilidade ser global, utilizando materiais e culturas locais. O acesso limitado para pessoas com maior poder aquisitivo, é o oposto do que Brundtland (1987) propunha, que o desenvolvimento sustentável deve atingir todas as classes de forma igualitária.

Entretanto, o tema ganha cada vez mais notoriedade, para tendo já grandes avanços e impactos mundiais. Construir de maneira a evitar ou minimizar a degradação ambiental está a tornando-se cada vez mais viável e comum, com o mercado a apresentar novas soluções e tecnologias que favorecem essa abordagem (Silva, 2014).

### **2.3 Certificações de sustentabilidade de edifícios**

Em 1993, um grupo de 60 representantes de escritórios foram reunidos por Rick Fedrizzi, David Gottfried e Mike Italiano, além de empresas sem fins lucrativos, no Instituto Americano de Arquitetos, para discutir um tema que estava a começar de ser explorado: o desenvolvimento sustentável. Cerca de cinco anos depois surge a certificação LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), no português: Liderança em Energia e Design Ambiental (2023 Green Building Council US).

A primeira versão foi a LEEDv1.0 que teve 19 projetos pilotos. Em março de 2000, o LEED *for New Constructions* teve o seu lançamento público. Logo em 2001, seria lançado o LEEDv2.0 e uma escola primária nos Estados Unidos foi o primeiro edifício escolar a ter um certificado Gold. Além disso, no ano de 2002, realizou-se o primeiro *Greenbuild International Conference and Expo*, sediado pela USGBC, em Austin, no Texas, que contou com mais de 4 mil participantes. No mesmo ano o certificado já ganharia uma versão v2.1.

Em 2004, já havia 100 edifícios certificados e, em 2010, a certificação atingiu a marca dos 5 mil. Com o passar dos anos, houve muitas melhorias, novos testes, novos tipos de aplicações da LEED. Atualmente, a regulamentação em vigor é a versão v4.1, e conta com aproximadamente 120 000 edifícios certificados. (“Missão e visão | Conselho de Construção Verde dos EUA” s.d.).

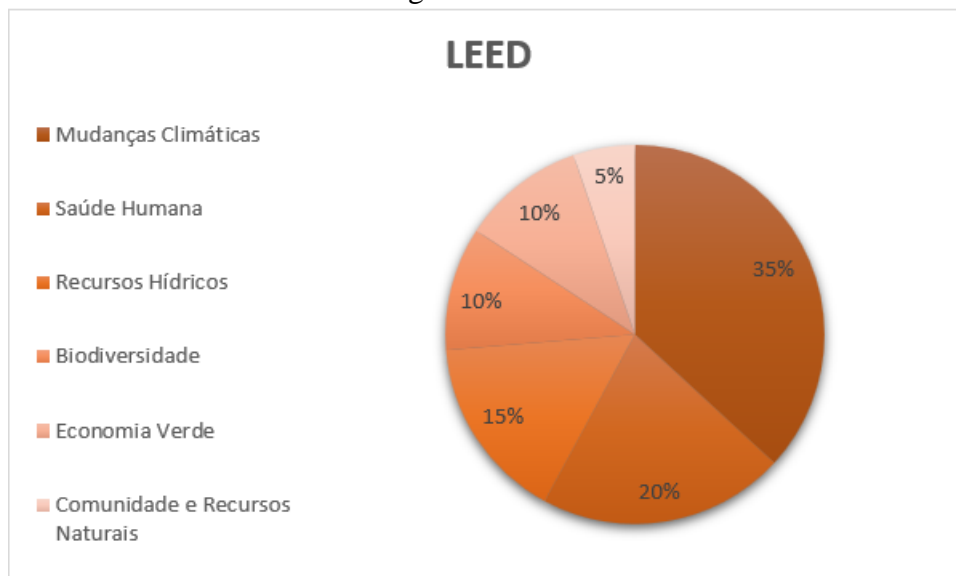
Atualmente, o sistema de classificação LEED divide-se em seis tópicos:

1. Projeto de construção + construção (BD+C): exclusivamente para construções novas ou renovações de grande porte, enquadrando-as no que existe de mais moderno em termos de acessibilidade. Para ser certificado, pelo menos 60% da área bruta deve estar construída. Nessa classificação entram: escolas, comércio, hotelarias, saúde, centro de dados, armazéns e centros de distribuição, e, também, a *Core and Shell*, que é uma das principais vertentes da certificação, incluindo unidades, mecânicas, elétricas, hidráulicas e a parte externa do edifício, e é a única que pode ter 40% de área construída para ser certificada;
2. Design de interiores + construção (ID+C): como o nome sugere, trata-se de projetos de reabilitação de interiores para se adequar na certificação, pode incluir interiores comerciais e hotelaria, precisando a obra de estar 60% completa para obter o selo;
3. Operação + manutenção(O+M): este é o tópico que mais se encaixa no tema deste trabalho. É estritamente para edifícios já existentes e em funcionamento à pelo menos um ano. Para obter o selo, toda a área deve estar concluída;
4. Residencial: alternativa nova para o selo LEED, a classificação residencial torna-se obrigatória para todas as construções residenciais unifamiliares e multifamiliares, não podendo mais ser usado o LEED BD+C (Building Design and Construction; item 1). Ela concentra o que há de mais relevante em BD+C, englobando as necessidades do mercado residencial e podendo ser enquadrada no modo *Core and Shell*;
5. Cidades e comunidades: na busca por uma alternativa nova de cidades sustentáveis, acessíveis, inclusivas, verdes e inteligentes, surge o LEED *for cities* e LEED *for communities*, que pode ser incluída quer na fase de planeamento, quer de lugares já existentes;
6. Recertificação: essa classificação pode ser descrita como um guia para manter um edifício dentro das novas atualizações e padrões.

Independente dos tipos de classificação, os objetivos gerais da LEED, segundo o site USGBC (2023), são: reduzir a contribuição para a mudança climática global; melhorar a saúde humana individual; proteger e restaurar os recursos hídricos; proteger e melhorar a biodiversidade e os

serviços ecossistêmicos; promover ciclos de materiais sustentáveis e regenerativos; e melhorar a qualidade de vida da comunidade. Estes objetivos têm uma hierarquização de importância conforme a Figura 1.

Figura 1 - LEED



Fonte: adaptado de “Sistema de classificação LEED | Conselho de Construção Verde dos EUA”, s.d.

Esse sistema tenta enquadrar-se com a Agenda 30 da ONU (Organização das Nações Unidas), que é uma atualização da Agenda 21, já citada anteriormente. Ela foi desenvolvida em setembro de 2015, com os chamados Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), um conjunto de 17 objetivos apresentados na Figura 2. Para a USGBC (2022), os objetivos que entram em sinergia com a LEED são os itens 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15 e 17.

Figura 2 – 17 objetivos ODS.



Fonte: (“17 Objetivos • ODS - BCSD Portugal” 2022)

A LEED opera em formato de *checklist*, resultando numa classificação final em função da pontuação da pontuação obtida:

- *Certified* 40-49 pontos;
- *Silver* 50-59 pontos;
- *Gold* 60-79 pontos;
- *Platinum* 80+ pontos.

Cada classificação entre as seis citadas tem um guia com algumas diferenças. Como por exemplo, o guia da LEED BD+C é dividido em nove partes: processos integrativos; localização

e transporte; locais sustentáveis; eficiência da água; energia e atmosfera; materiais e recursos; qualidade ambiental interior; inovação e prioridade regional. Dentre essas partes, ainda existem itens de pontuação, entre eles, alguns são pré-requisitos que não contando pontos, são obrigatórios para que a construção obtenha um selo.

Um ano depois de Brundtland anunciar o “Nosso Futuro Comum”, a organização BRE (Building Research Establishment), do Reino Unido, organizava-se para criar a certificação, que seria inaugurada no ano de 1993: o *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM). Porém, apenas em 1998, aquando da sua terceira revisão, ficou pronta para ser utilizada (Vieira e Filho, 2010). A BREEAM pode ser considerada a pioneira das certificações, sendo o primeiro método de avaliação de sustentabilidade que oferecia um selo verde aos edifícios. Atualmente conta com mais de 590 000 edifícios certificados em 85 países. Ela também é vista como a mais abrangente, já que atualmente existem doze tipos de ativos no seu sistema, podendo ainda contar com casos especiais que não aparecem na seguinte lista:

- Casa e apartamentos;
- Educação;
- Centro de transportes;
- Hotelarias e instituições residenciais;
- Comunidade;
- Instalações desportivas e de lazer;
- Serviços governamentais;
- Assistência médica;
- Escritórios;
- Comércio;
- Indústria;
- *Data center*.

Segundo o site da empresa BRE (2022), os benefícios da certificação são: o aumento dos valores de venda e arrendamento, rotas para o NET Zero, contribui para as metas ESG (ambiental, social e governança), mitiga o impacto ambiental, reduz os custos operacionais, aumenta o valor económico e social, fornece garantia independente de terceiros sobre o desempenho e a sustentabilidade dos ativos.

Adicionalmente, a certificação também conta com uma classificação para cada tipo de obra, começando com BREEAM *New Construction*, que é voltada somente para construções novas; BREEAM *In-use*, para edifícios que estão em plena operação e gostariam de adaptações mais sustentáveis; BREEAM *Refurbishment and fit-out*, para ativos que estão em uso e necessitam mudar a fachada ou ambientes internos; BREEAM *Communities*, para organizações ou autoridades governamentais que visam melhorar ou planejar uma comunidade do zero; *Home Quality Mark*, para residências novas mas é somente aplicável no Reino Unido; por último, está o BREEAM *Infrastructure*, que é voltado para a infraestrutura, tencionando abordar as

principais questões sustentáveis do setor nessa fase, como carbono, mudanças climáticas e resiliência. Para cada uma dessas classificações existe um guia com uma *checklist* para pontuação. Porém, ao contrário da certificação LEED, ainda não existe uma ponderação de valores e níveis no final (“BREEAM - Grupo BRE” 2022).

Dentro desse *checklist*, para novas construções, os tópicos são: gerenciamento; saúde e bem-estar; energia; transporte; água; materiais; desperdício; uso da terra e ecologia; poluição e inovação. Cada tópico conta com vários subtópicos e pontuações diferentes.

O guia BREEAM New Constructions (2022) cita as 7 fases de avaliação para a pontuação (“Calculando a classificação BREEAM de um edifício” s.d.):

1. Em primeiro lugar, o objetivo do projeto que está sendo avaliado precisa ser determinado, ou seja, apenas Shell ou Shell e Core. A ferramenta ou calculadora de avaliação BREEAM apropriada ajusta a pontuação e as ponderações para refletir as categorias e os créditos individuais avaliados.
2. O avaliador do BREEAM determinará então para cada uma das nove seções ambientais do BREEAM (conforme aplicável) o número de 'créditos' concedidos. Isso deve ser determinado pelo Avaliador BREEAM de acordo com os critérios de cada questão de avaliação (conforme detalhado nas seções técnicas deste documento).
3. A percentagem de 'créditos' alcançados é então calculada para cada seção.
4. A percentagem de 'créditos' obtidos em cada seção é então multiplicada pela ponderação da seção correspondente. Isso fornece a pontuação geral da seção ambiental.
5. As pontuações da seção são então somadas para fornecer a pontuação BREEAM geral.
6. A pontuação geral é então comparada com os níveis de benchmark de classificação BREEAM e, desde que todos os padrões mínimos tenham sido atendidos, a classificação BREEAM relevante é alcançada.
7. Um adicional de 1% pode ser adicionado à pontuação BREEAM final para cada 'crédito de inovação' alcançado (até um máximo de 10% e com a pontuação BREEAM total limitada a 100%).

No site da ODS é possível encontrar várias organizações que podem servir de ferramentas ou recursos que podem servir para alcançar os 17 objetivos da Agenda 30, inclusive especificamente voltadas para Portugal (“Ferramentas e Referências • ODS - BCSD Portugal” 2022). Entre elas está a B Corp, que é uma organização sem fins lucrativos que começou em 2006 com o objetivo de certificar empresas que atendam alto desempenho socioambiental, e cumprir os objetivos da ODS. O método de avaliação é mais simplificado e consiste em perguntas sobre 5 categorias: governança, trabalhadores, comunidade, meio ambiente e clientes. Então o impacto é comparado com o de outras instituições e são apresentadas melhorias práticas que podem ser feitas para aumentar o desempenho (“B Avaliação de Impacto” s.d.).

Além das certificações apresentadas, existem no mundo muitas outras, focadas no âmbito internacional ou nacional. Segundo Silva (2014), os selos que têm origem nacional e são implementados no país caminham mais ao lado do desenvolvimento sustentável, já que além de abranger os recursos naturais, também englobam a sociedade como um todo, como é o exemplo do Selo Casa Azul, no Brasil, que tem como base as normas brasileiras, por exemplo a NBR 15220 - Desempenho Térmico das Edificações. O mesmo acontece com a certificação AQUA (Alta Qualidade Ambiental), que teve como inspiração a certificação HQE (Haute Qualité Environnementale), com origem na França, porém adaptando as normas e as singularidades do Brasil (Silva 2014).

## 2.4 Reabilitação de edifícios

Ao que se tem indícios, a conservação de elementos históricos apareceu primeiramente na Itália no século XIX, com o aumento de escavações arqueológicas e o aparecimento de monumentos referentes ao Império Romano. Entretanto, segundo documentos, a primeira comissão fundada para esse fim foi na França, quando foi criada a Comissão de Monumentos Históricos, em 1837. Movido pelas ideias do Iluminismo e o medo do vandalismo que se seguiam após a revolução Francesa, essa comissão demandava proteger principalmente edifícios religiosos da idade média e castelos (Choay, 2001). Contudo, a visão de restauração consistia em substituir elementos danificados ou faltantes por novos, que fossem o mais parecido possível com os antigos, foi só em 1931, na Conferência de Atenas, que se chegou ao consenso de que os monumentos deviam apenas contar com manutenção ao invés de terem seus elementos substituídos. Todavia a Carta de Atenas tratava-se apenas de monumentos históricos, sem contar construções correntes, então, em 1962, na XII Conferência da UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization), se começou a levar em consideração as obras correntes em torno do património (Grammont, 2006), e em 1964 foi aprovada a Carta de Veneza que se mostrava mais abrangente as definições de o que devia ser restaurado e conservado, como consequência da Segunda Guerra Mundial, que trouxe enormes perdas arqueológicas e patrimoniais (Kühl, 2010). Depois desse acontecimento, ao longo dos anos foram sendo apresentadas mais Cartas Patrimoniais com definições cada vez mais amplas sobre patrimónios históricos, e esse foi o começo da reabilitação como a conhecemos hoje.

A Carta de Cracóvia (2000) traz alguns conceitos como o de conservação, tido como um conjunto de ações que a comunidade faz para perpetuar o património, e de restauração como uma intervenção que tem o objetivo de conservação. Para isso, a carta leva em conta que o mínimo de alterações deve ser feito ao património, respeitando ao máximo sua arquitetura original. Quaisquer intervenções devem ser feitas levando em consideração todos os setores da população, território e paisagem, mantendo sua autenticidade e integridade.

O conceito de reabilitação se apresenta um pouco diferente, ele é voltado para melhorias nos níveis de desempenho do edifício, com novas funcionalidades voltadas para os dias atuais, no entanto, preservando a parte histórica e ao máximo da parte arquitetônica da edificação, mas

permitindo modificações significativas para melhor conservação (Oliveira, 2012). Normalmente, a reabilitação pode ser dividida em fases: a primeira fase é de diagnóstico, onde se faz uma avaliação geral do estado da estrutura e das possíveis causas das patologias; a segunda fase é de deliberação onde se decide quais medidas vão implementar para resolver os problemas e quais serão os métodos; a terceira fase é de dimensionamento, compra de materiais e contratação de trabalhos; a próxima é a fase da execução e a última é a de manutenção.

Em países que contam com número expressivo de construções antigas, essa prática se torna muito interessante para fins sociais, econômicos e sustentáveis, visto que o desperdício de materiais provenientes de uma demolição e nova construção é muito maior do que em uma reabilitação. Embora a reabilitação de edifícios correntes seja relativamente nova, dados da EUROCONSTRUCT apontam que em 2011, as reabilitações na Alemanha representavam 57,9% das obras de engenharia civil, já em Portugal, representavam aproximadamente 26%.

É estimado que Portugal conte com aproximadamente 5 milhões de residências, das quais 3,5 milhões estão ocupadas, 1 milhão são casas de férias e meio milhão encontra-se totalmente desocupadas, devido ao surto construtivo que o país atravessou dos anos 90. O país também leva o posto de maior consumidor europeu de cimento, isso somado aos outros materiais que a construção civil utiliza, resulta que 50% dos materiais extraídos da natureza são voltados para as construções, e que em Portugal anualmente sejam produzidos mais de 5 milhões de toneladas em entulhos provenientes da construção civil. Com a reabilitação, o consumo e extração de materiais é substancialmente reduzido, não há impactos para instalação da edificação no terreno e no seu entorno, além de preservar a arquitetura e a história do local. (Cóias, 2004)

## 2.5 Conforto térmico

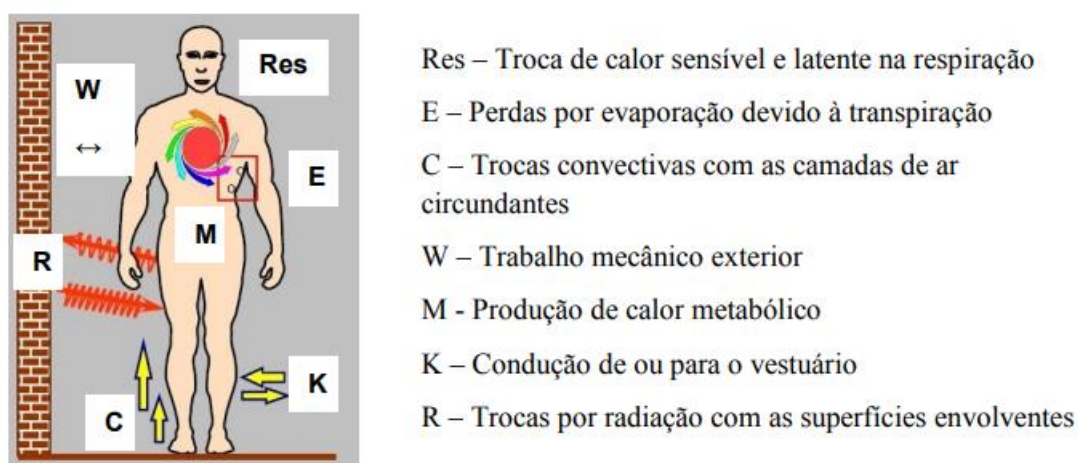
Desde que surgiram, as edificações, sendo elas para moradia ou trabalho, visavam atender as necessidades básicas e imediatas do homem. Inicialmente, as preocupações relacionavam-se com a proteção de chuvas, frios intensos e predadores, o que também é uma forma de conforto. Entretanto, foi em meados do século XX, que o ser humano percebeu que o conforto trazia muitos benefícios para a produtividade, em um estudo realizado na Inglaterra comprovou-se que trabalhadores de minas rendiam 41% a menos se a temperatura estava em 27 °C do que se a temperatura estivesse em 19 °C. Adicionalmente, com o surgimento da energia elétrica ficaria mais fácil manter as pessoas em conforto térmico.

“A arquitetura deve servir o homem e ao ser conforto, o que abrange o seu conforto térmico” são as palavras que Frota (2016) começa a introdução do Manual do Conforto Térmico. O livro apresenta que o conforto térmico engloba muitas variáveis, principalmente devido ao fato que cada ser humano reage de um jeito as temperaturas e condições do ar. A temperatura do organismo do homem deve se manter entre 36,1 °C e 37,2 °C, essa temperatura é obtida através de processos do organismo e da troca de calor com o ambiente. Apesar de o intervalo da temperatura ideal ser pequeno, o ser humano é termorregulador e adaptável as condições do

ambiente, e percebendo isso, surge o conforto térmico adaptativo, que leva em consideração a habilidade de o ser humano se adaptar a diversas condições climáticas.

O conforto térmico considera fatores quantificáveis como condições do ambiente e de ocupação: temperatura do ar; temperatura média radiante; velocidade do ar; pressão parcial de vapor d'água, e não quantificáveis como aspectos da natureza pessoal fisiológica e psicológica de cada indivíduo: atividade metabólica; vestimentas. Esses fatores resultam no balanço térmico do ser humano, que está representado na Figura 3.

Figura 3 - Balanço térmico individual.



Fonte: Curado, 2014.

A equação do balanço térmico é dada por:

$$S = M + W \pm R \pm C \pm K - E \pm RES$$

Em que S é a acumulação total de calor humano dada em  $W/m^2$ .

O M é a produção de calor metabólico ou atividade do metabolismo que pode ser computado em met que corresponde a  $58,2 W/m^2$ . A ASHRAE 55 fornece uma tabela com as atividades metabólicas em diferentes situações, alguns exemplos estão na Tabela 1:

Tabela 1 - Atividade metabólica.

Atividade	Unidade Met	$W/m^2$
Dormindo	0,7	40
Reclinado	0,8	45
Sentado e quieto	1,0	60
Em pé e relaxado	1,2	70
Caminhando (0,9 m/s)	2,0	115

Sentado e lendo	1,0	55
Cozinhando	1,6 - 2,0	95-115

Fonte: Adaptado de ASHRAE 55, 2013.

As vestimentas também realizam um papel importante na troca de calor com o ambiente, sendo dependentes da resistência térmica do vestuário, que é fornecida pela ASHRAE 55, em uma tabela, e que cada clo (medida da resistência térmica do vestuário) representa  $0,155 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/W$ , quando necessário considera-se mais de um tipo de vestimenta por meio de uma soma simples.

A Tabela 2 traz uma adaptação resumida do que é fornecido pela ASHRAE 55.

Tabela 2 - Resistência térmica do vestuário.

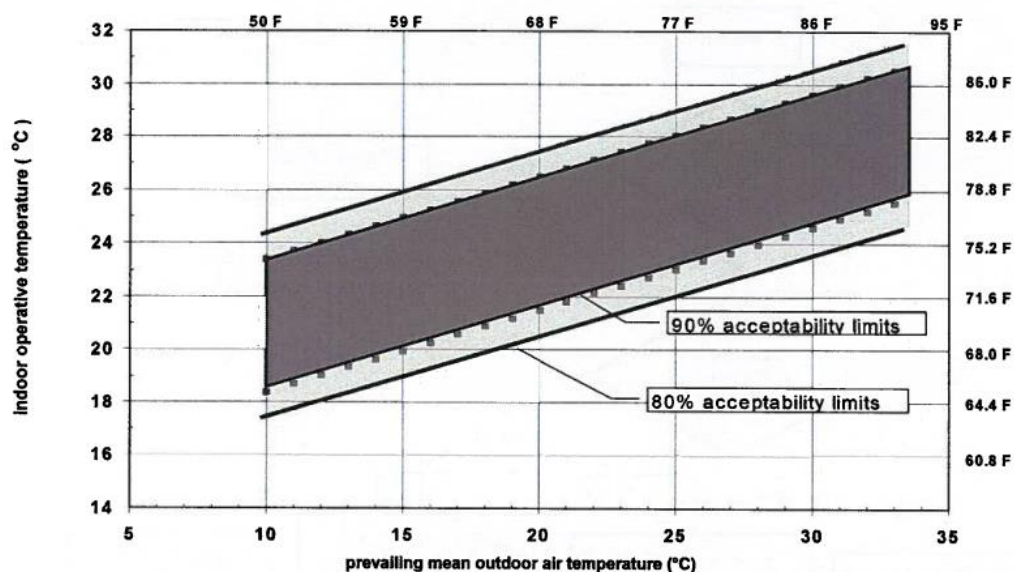
Vestimenta	Clo
Camiseta	0,08
Saia fina	0,14
Shorts curto	0,06
Vestido fino	0,29
Sandálias	0,02
Botas	0,10
Blusa de manga comprida grossa	0,36

Fonte: Adaptado de ASHRAE 55, 2013.

Para a verificação de conforto térmico de ambientes condicionados mecanicamente pode-se utilizar o modelo do *Predicted Mean Vote* (PMV) que prevê o voto médio de conforto dos usuários e *Predicted Percentage of Dissatisfied* (PPD) prevê a porcentagem de desconforto dos usuários, levando em consideração as variáveis citadas acima. Segundo a ASHRAE 55, para estar em conforto térmico, o PMV deve se encontrar entre -0,5 e +0,5, o que é um intervalo bem restrito.

Já para ambientes condicionados naturalmente, a ASHRAE 55 apresenta o modelo de conforto adaptativo, em que a temperatura externa não deve estar abaixo de 10 °C e nem acima de 33,5 °C, e os limites aceitáveis devem estar em 80%. Para o cálculo da banda de conforto, o limite inferior é dado pela equação  $t_{pma(fora)} \cdot 0.31 + 14.3^{\circ}\text{C}$  e o superior por  $t_{pma(fora)} \cdot 0.31 + 21.3^{\circ}\text{C}$  em que  $t_{pma(fora)}$  representa a temperatura média do ar de fora, resultando em uma banda com 7 °C de tolerância, como mostrado na Figura 5.

Figura 4 - Temperatura operativa aceitável para espaços condicionados naturalmente.



Fonte: ASHRAE 55, 2013.

## 2.6 Reabilitação térmica de edifícios antigos

Com o final da Segunda Guerra Mundial, o mundo estava devastado, principalmente a Europa, e urgia a necessidade de menos consumo de fontes de energia, como o petróleo, que anos depois entraria em crise também. Assim, instigou-se a construção de edifícios que respondem melhor a temperaturas extremas sem precisar de energia. Assim, em 1957, na cidade de Berlim, foi instalado o primeiro sistema que viria a ser chamado de ETICS (*External Thermal Insulation Composite Systems*) (Michalak, 2021), que é um sistema de isolamento colocado pelo exterior. Este sistema tem a vantagem de envolver todo o edifício, ajudando a isolar as chamadas pontes térmicas. Para a reabilitação de edifícios, o sistema tem-se mostrado muito efetivo, contudo, pode ser um problema em edifícios em que as fachadas originais devem ser preservadas.

Desta maneira, Fernandes (2016), fez um estudo com várias alternativas de reabilitar um edifício antigo, caracterizando o comportamento térmico do edifício e os mecanismos de transmissão e troca de calor através de zonas correntes, pontes térmicas, vãos envidraçados e renovação de ar, além de contabilizar o efeito dos ganhos internos e da inércia térmica do edifício. O autor propõe uma reabilitação com vista à melhoria do conforto térmico de um edifício antigo localizado na cidade de Viseu, com o objetivo de enquadrar na classificação energética A. As soluções analisadas incluem a utilização de ETICS, ou fachadas ventiladas, troca de vãos envidraçados simples por vãos envidraçados com mais resistência térmica, substituição ou alteração de elementos da cobertura e troca de caldeiras antigas por caldeiras mais eficientes. O trabalho conclui que com tais medidas o edifício pode passar de uma

classificação D para uma A. Os resultados obtidos foram por meio de cálculos de acordo com a metodologia proposta na regulamentação portuguesa.

Num trabalho anterior, Lopes (2010) estuda uma reabilitação sustentável de edifícios de habitação num parque habitacional, visando mostrar os problemas da inexistência de regulamentação referente à sustentabilidade no processo de reabilitação. A autora aborda o tema primeiramente fazendo uma introdução sobre o consumo de energia, água, gás e matérias-primas em habitações e sobre os resíduos que as demolições produzem. Então, faz um enquadramento da situação atual do parque, focada no conforto ambiental, térmico, acústico, eficiência energética e qualidade do ar. Em seguida, apresenta os tipos de patologias, principalmente relacionados com questões de humidade, problemas com a envolvente exterior, iluminação e equipamentos. Segue-se a apresentação de alguns sistemas de avaliação e certificação de construções sustentáveis. Por último, apresenta um quadro com ações para desenvolvimento sustentável, abrangendo o ambiente, economia e social.

Curado (2014) teve o objetivo de desenvolver um indicador de desconforto térmico aplicável em contexto de reabilitação de edifícios. Primeiramente, utilizando um caso de estudo, o autor fez a caracterização do desempenho térmico de uma habitação social, avaliou o conforto térmico e a eficiência energética, fazendo uma análise de sensibilidade em quatro localidades diferentes: Bragança, Porto, Lisboa e Faro, para avaliar a influência da reabilitação.

## **2.7 Certificação WELL**

Embora o conforto térmico tenha se tornado uma preocupação há anos, as construtoras costumavam focar principalmente nesse aspecto, e talvez também em questões acústicas e de iluminação. No entanto, o bem-estar vai muito além desses três pilares. O ser humano é impactado pelo design do ambiente, pelo entorno, pela qualidade da alimentação oferecida, pelas políticas organizacionais e pela localização. Dado que passam cerca de 90% do tempo dentro de edifícios, especialmente durante e após a pandemia de COVID-19, a saúde mental dos ocupantes está intrinsecamente ligada a esses ambientes.

Desta forma, as construções são muitas vezes mais focadas para a funcionalidade do que para as pessoas que lá habitam. Pensando nisso, em 2014, surge a certificação WELL, um selo voltado exclusivamente para a saúde e bem-estar dos usuários dos edifícios. Todas as pesquisas foram conduzidas com o objetivo de garantir que o WELL Core fosse totalmente fundamentado em evidências científicas, verificável pela GBCI (Green Business Certification Inc.), que é uma parte da USGBC responsável pelo credenciamento de certificações como LEED e WELL. Além disso, foi assegurada sua viabilidade durante a implementação; no piloto WELL v1, todos os recursos foram testados e demonstraram ser exequíveis. Além disso, o feedback de profissionais e especialistas da área externa foi solicitado e incorporado à constituição e evolução do WELL v2 (WELL, 2023.).

O projeto WELL pode ser dividido em duas classificações principais: *owner-occupied* ou *WELL core*. A primeira refere-se a projetos ocupados pelo proprietário do próprio projeto (que pode não ser o mesmo que o proprietário do edifício) ou arrendado pelo mesmo, em que seus ocupantes são afiliados a ele. Na segunda, 75% da área do projeto deve ser ocupada por pessoas que não são afiliadas ao dono do projeto. Também pode ser um edifício misto, sendo que nessas circunstâncias esse número cai por 60% e a área ocupada pelo proprietário entra como não arrendada. Projetos de residências multifamiliares não se enquadram nessa classificação. O *WELL core* é uma parte nova na certificação, que surgiu como uma facilitação para o selo, por basear-se em medições efetuadas no local por um curto período, sendo, portanto, uma verificação de desempenho, que deve ser feita em pelo menos 2,5% da área de todo o prédio. Para esse efeito, um profissional especializado passa em média 1 a 3 dias no edifício fazendo um conjunto de medições relacionadas com a qualidade do ambiente interior.

Para entender como funciona a certificação, é necessário compreender o significado de uma série de designações essenciais no momento da pontuação:

- Pessoal da gestão do edifício: empreiteiros ou subempreiteiros responsáveis pela manutenção que passam menos de 30 horas por mês no edifício;
- Funcionários diretos: contratados pelo proprietário para construção;
- Proprietário do projeto: pessoa jurídica responsável pelo projeto;
- Ocupante: qualquer indivíduo dentro dos limites do projeto;
- Ocupante regular: usuário que passa pelo menos 3 horas em 5 dias por mês no interior do edifício;
- Visitante: qualquer ocupante que não seja regular;
- Funcionário: trabalha para o proprietário dentro dos limites do projeto;
- Funcionário elegível: funcionários de período integral ou meio período, identificados como qualificados para benefícios;
- Extensão da construção do desenvolvedor: todo espaço não alugado e alugado pela qual a equipa é responsável;
- Espaços arrendados: alugados ou de propriedade de inquilinos, podem estar ou não ocupadas na data do projeto;
- Espaços não alugados: áreas dentro do limite do projeto que não são consideradas alugadas;
- Todo o edifício: toda a área dentro do limite de projeto;
- Espaço regularmente ocupado: onde algum indivíduo passa pelo menos uma hora consecutiva ou duas horas cumulativas por dia;
- Espaço ocupável: espaços em que podem ser realizados qualquer tipo de atividade, como áreas de transição e varandas.

A certificação é feita a partir de uma pontuação resultante de uma avaliação de 11 tópicos, sendo que os 10 primeiros têm algumas pré-condições obrigatórias, que são representadas pela letra P, e o último conta apenas como pontuação extra:

1. Ar;
2. Água;
3. Nutrição;
4. Luz;
5. Movimento;
6. Conforto térmico;
7. Som;
8. Materiais;
9. Mente;
10. Comunidade;
11. Inovação.

Além de cumprir todas as pré-condições, os projetos ainda devem atingir uma pontuação mínima para alcançar o selo. A Tabela 3 mostra a pontuação que deve ser atingida para cada nível da certificação. Adicionalmente, os projetos não podem obter mais do que 12 pontos por tópico e mais de 100 pontos na soma dos primeiros 10. Se algum tópico atingir mais que 12 pontos, ele pode passar para o primeiro item de inovação, desde que o máximo de pontos de inovação não tenha sido atingido.

A pontuação geral para WELL e WELL Core está apresentada na Tabela 3 e a pontuação detalhada pode ser encontrada no Anexo A. A parte mais relevante para este trabalho encontra-se detalhado no capítulo 5.

Tabela 3 - Pontuação mínima WELL e WELL Core.

Tabela de Pontos Alcançados	WELL Certification		WELL Core Certification	
	Pontos mínimos por conceito	Níveis de Certificação	Pontos mínimos por conceito	Níveis de Certificação
40	0	WELL Bronze	0	WELL Core Bronze
50	1	WELL Silver	0	WELL Core Silver
60	2	WELL Gold	0	WELL Core Gold
80	3	WELL Platinum	0	WELL Core Platinum

Fonte: Adaptado de WELL, 2023..

## 2.8 Certificações sustentáveis aplicáveis a edifícios antigos

Com a crescente necessidade de reabilitar edifícios antigos e considerando a importância da sustentabilidade, como mencionado anteriormente, já existem classificações e certificações específicas para esses tipos de edifícios, como por exemplo a *LEED for Operations and Maintenance*, *BREEAM In-use*, *BREEAM Refurbishment and fit-out*. Como o objetivo deste trabalho é avaliar a reabilitação utilizando a certificação WELL, será feito uma análise mais detalhada do selo LEED O+M por ser também USGBC e ser similar ao selo WELL.

Segundo o site U.S. Green Building Council na página referente a LEED v4.1 O+M Beta Guide, os impactos da demolição de um edifício seguido da construção de um novo no mesmo local, demora cerca de 80 anos para ser compensado, mesmo que a nova construção detenha de melhor tecnologia e desempenhos sustentável. Sendo assim reabilitar um edifício é a solução mais viável quando se trata de reaproveitamento e até mesmo de gastos. Para o LEED O+M, existe uma classificação conforme a utilização dos edifícios, que é dividida em 7 partes mais espaços internos existentes:

1. Edifícios existentes: são edifícios que não atendem os requisitos para serem escolas, comércios, *data centers*, armazéns e centros de distribuição ou usos de hotelaria;
2. Comércios: edifícios que atendem a venda de bens de consumo ou que são utilizados como showroom;
3. Escolas: prédios voltados para educação, podendo ser principais e auxiliares;
4. Hotelaria: locais voltados para estadia de curto prazo, como hotéis e pousadas, com ou sem alimentação;
5. *Data center*: trata apenas de prédios inteiros voltados para armazenamento e processamento de dados;
6. Armazéns e centros de distribuição: são voltados para distribuição de mercadorias ou armazenamento de bens pessoais;
7. Multifamiliar: edifícios ou complexo de residências com mais de 20 unidades.

Sendo assim, o processo para obter a certificação é primeiramente escolher a classificação que mais se adapta, verificar os requisitos e opções, estar atentos aos prazos e taxas, construir uma equipa e registrar o seu projeto. Ademais, deve selecionar as prioridades do seu projeto, cumprir os requisitos e créditos conforme a classificação, pode ser utilizado um formulário como referência. A LEED conta com uma biblioteca de créditos para analisar o que é necessário cumprir para ganhar a pontuação. Como exemplo será usado a pontuação de edifícios existentes e comércios à vista que o Edifício dos Balcões conta com uma loja no rés de chão. Os créditos são divididos em:

1. Localização e transporte:
  - a. Desempenho de transporte;
2. Locais sustentáveis:
  - a. Gestão de águas pluviais;
  - b. Redução de ilha de calor;

- c. Redução da poluição luminosa;
- d. Gerenciamento de site;
- 3. Eficiência da água:
  - a. Desempenho da água;
- 4. Energia e atmosfera:
  - a. Melhores práticas de gestão de eficiência energética;
  - b. Gerenciamento fundamental de refrigerante;
  - c. Desempenho energético;
  - d. Gerenciamento aprimorado de refrigerante;
  - e. Harmonização da rede;
- 5. Materiais e recursos:
  - a. Política de compras;
  - b. Política de manutenção e renovação de instalações;
  - c. Desempenho de resíduos;
  - d. Comprando;
- 6. Qualidade ambiental interna:
  - a. Qualidade mínima do ar interior;
  - b. Controle ambiental de fumaça de tabaco;
  - c. Política de limpeza verde;
  - d. Desempenho de qualidade ambiental interna;
  - e. Limpeza ecológica;
  - f. Controle de pragas integrado;
- 7. Inovação:
  - a. Inovação.

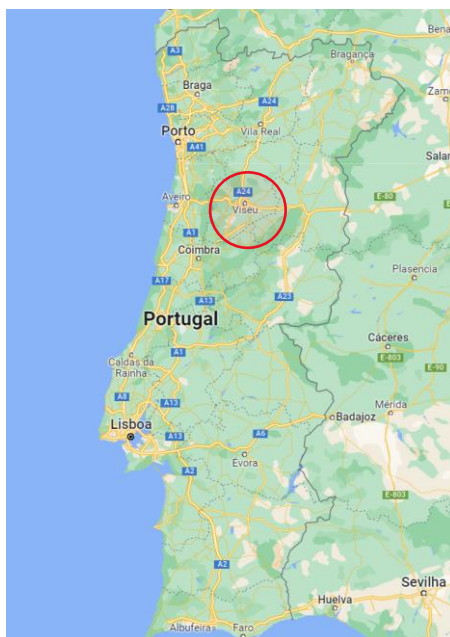
Cada tópico conta com uma pontuação, e com alternativas do que pode ser feito, e se encontram mais detalhadas no LEED v4.1, O+M Beta Guide (“LEED v4.1 O+M Beta Guide | U.S. Green Building Council” s.d.).

## 3. Metodologia

### 3.1 Caso de estudo: edifício “Casa dos Balcões”

Viseu Dão-Lafões é uma sub-região localizada no centro norte de Portugal (Figura 5), que conta com uma área de  $507,10 \text{ km}^2$ , 99.561 habitantes e é dividida em 25 freguesias (Figura 6), entre elas encontra-se a capital, Viseu (Câmara Municipal de Viseu, 2023.).

Figura 5 - Mapa de localização de Viseu em relação a Portugal.



Fonte: Google Maps, 2023.

Figura 6 - Mapa das freguesias de Viseu Dão-Lafões.



Fonte: Câmara Municipal de Viseu, 2023.

A edificação a ser estudada encontra-se no centro histórico da cidade de Viseu (Figura 7), considerada uma parte consagrada da cidade, onde se encontra a catedral e várias outras construções antigas. Esta zona, segundo o Plano Diretor Municipal pertence ao Espaço Central C0, um espaço designado apenas para essa porção da cidade. Além do mais, a cidade de Viseu também é considerada como património arqueológico, ou seja, nenhuma mudança pode ser feita sem ser consultada a câmara municipal, como cita o Artigo 19.º do referido plano:

*1 — Nos locais identificados como sítios arqueológicos, listados no Anexo II do Regulamento e identificados na Planta de Ordenamento — Outras Condicionantes, todas as intervenções que envolvam obras de edificação, obras de demolição, operações de loteamento, obras de urbanização e trabalhos de revolvimentos ou remoção de solos, ficam condicionadas à realização de trabalhos arqueológicos, efetuados nos termos da legislação em vigor, imprescindíveis à aprovação e execução das intervenções pretendidas.*

*2 — Todas as intervenções que impliquem revolvimentos de solos de igrejas e capelas, que se identifiquem como construídas até finais do século XIX, ficam condicionados à realização de trabalhos arqueológicos, efetuados nos termos da legislação em vigor.*

Figura 7 - Localização de satélite do edifício estudado.



Fonte: Google Maps, 2023.

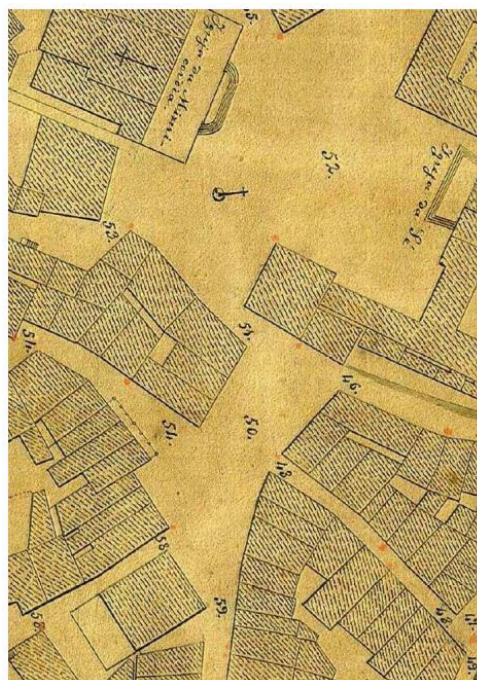
O edifício em questão, conhecido como “Casa dos Balcões”, encontra-se na rua Grão Vasco, em esquina com a praça Dom Duarte, como mostra a vista da sua fachada na Figura 8. O lote já aparece numa planta topográfica de 1864, sendo que na época era constituído por 3 construções (Figura 9). Numa planta recente, feita no âmbito do projeto “Visu Património”, é possível notar as diferenças da atual planta de localização do edifício (Figura 10), sendo agora formada por 2 lotes e apresentando uma redução em área, embora também tenha havido um aumento de volume.

Figura 8 - Fachada Casa dos Balcões.



Fonte: Google Maps, 2023.

Figura 9 - Planta topográfica do centro histórico de Viséu em 1864.



Fonte: Viséu Património, 2017.

Figura 10 - Planta de localização atual da Casa dos Balões.



Fonte: Viseu Património, 2017.

A construção está dividida em 4 pisos e mais o sótão como mostrado na Figura 11. O piso 0 hoje em dia é utilizado para comércio, estando ocupada por uma loja de roupas. Os pisos 1, 2 e 3 são constituídos por residências com poucas divisões, e o sótão embora não esteja claro o seu uso hoje em dia, ao que tudo indica, antigamente era utilizado como moradia para funcionários que trabalhavam no prédio. Por ser de pequena dimensão, pouco relevante e não muito utilizado, o sótão não será incluído nas simulações e avaliações posteriores, e será tratado como um espaço não habitado.

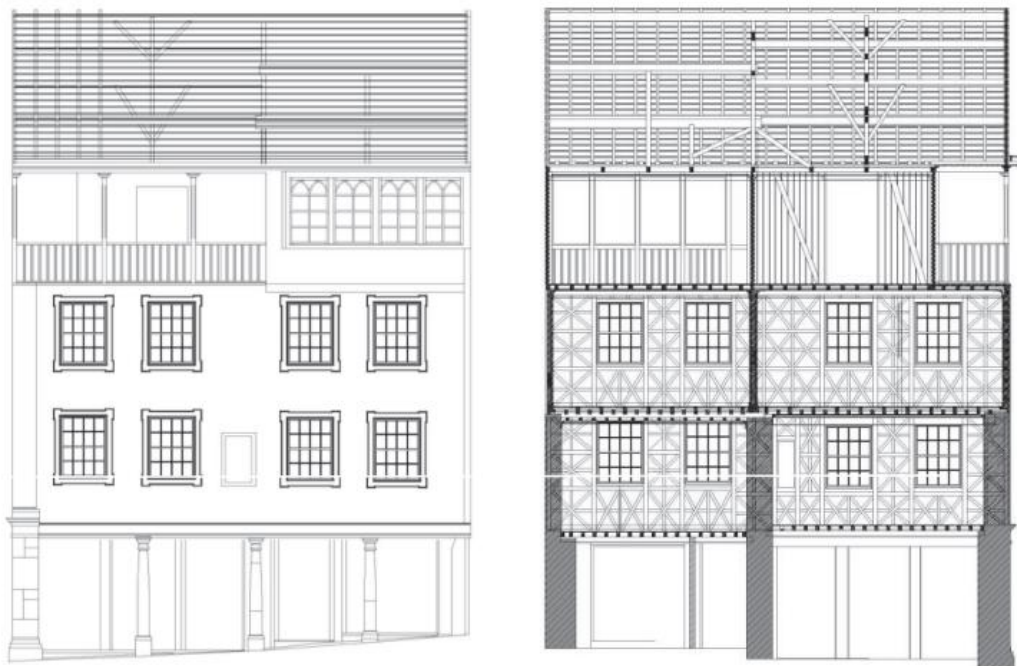
Figura 11 - Plantas baixas dos 5 pisos da Casa dos Balcões.



Fonte: Viseu Património, 2017.

No estudo desenvolvido no âmbito do projeto “Viseu Património” é descrita a configuração das paredes do edifício, indicando que há paredes meeiras de granito no piso 0 e piso 1, feitas para suportar os demais andares. Ao que indicam as inspeções realizadas, algumas paredes foram feitas de tabique inglês de madeira preenchidas com argamassa argilosa e fibra de vegetais em ambos os lados, já as paredes frontais foram estruturadas por cruces de santo André como observado na Figura 12. O soalho, tetos e estrutura em geral apresenta-se maioritariamente em madeira. Também na Figura 12, pode observar-se a distribuição de janelas na fachada principal do edifício.

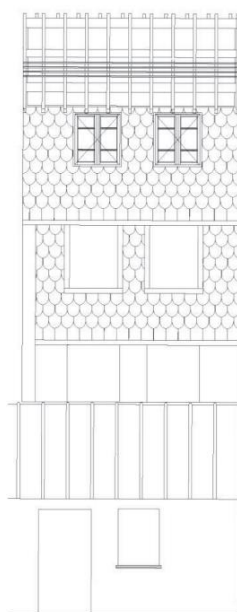
Figura 12 – Fachada Casa dos Balcões.



Fonte: Viseu Património, 2017.

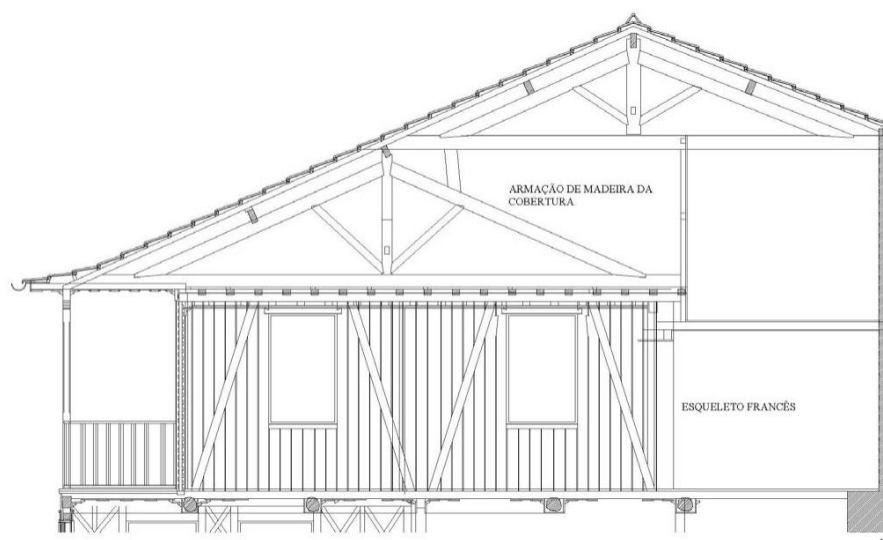
O edifício encontra-se entre outros dois edifícios, com as paredes adjacentes em parte encostadas. O seu telhado é composto por duas águas com o sentido frente tardo, com estrutura em madeira e telhas cerâmicas, como pode ser observado na Figura 13 e na Figura 14.

Figura 13 - Telhado Casa dos Balcões.



Fonte: Viseu Património, 2017.

Figura 14 - Estrutura em madeira do telhado Casa dos Balcões



Fonte: Viseu Património, 2017.

### 3.2 Tarefas e procedimento adotado

Para a realização do presente trabalho foi necessária uma pesquisa sobre os conceitos de sustentabilidade e o surgimento de certificações, apresentada no estado da arte, no capítulo 2. A seguir, apresentou-se um detalhamento da propriedade, do local onde está localizada, bem como as especificações da área, por meio do aplicativo Google Earth ou Google Maps, referente a localização; aproveitando a informação disponível num estudo do edifício “Casa dos Balcões” desenvolvido no âmbito projeto “Viseu Património”, caracterizou-se os elementos construtivos e os materiais da construção envolvidos. Esta informação é fundamental para modelação térmica e energética do edifício.

Após esta fase, a metodologia adotada inclui a modelação necessária para as simulações de conforto térmico, que foram feitas no programa *DesignBuilder* que utiliza o algoritmo de simulação dinâmica do programa *EnergyPlus* (Engineering Reference, 2022).

O trabalho de modelação do caso de estudo baseou-se num modelo geométrico já existente. Então, com o material recolhido no relatório do projeto “Viseu Património”, foram feitas alterações nos componentes construtivos de todo o edifício, adequando-o e tornando-o o mais próximo possível do edifício real.

Após a modelação, seguiram-se as simulações. Inicialmente avaliou-se o conforto térmico dos espaços do edifício com as condições atuais e, no capítulo 6, repetiu-se o processo, mas assumindo uma intervenção de reabilitação para a melhoria do desempenho térmico através da colocação de isolante térmico. Esta avaliação foi realizada através do modelo adaptativo de

conforto proposto pela ASHRAE 55 e ainda através do cálculo do índice PMV de acordo com a norma ISSO 7730.

De seguida foi feita uma aplicação da metodologia de certificação WELL, separadamente seguindo-se os tópicos conforme a própria norma de certificação divide. É explicado o intuito de cada tópico, e, em seguida, uma breve verificação de como os pontos do recurso poderiam ser atingidos ou não.

A metodologia para a verificação da pontuação foi dividida em duas partes: a primeira consiste na pontuação que realmente pode ser verificada, ou seja, com simulações ou pesquisas online e em campo; a segunda parte, corresponde a uma previsão do que poderia se enquadrar na certificação, apresentando alternativas e o porquê de alguns tópicos não serem viáveis para o contexto de reabilitação. Assim, como resultado, foi gerada uma tabela com a pontuação alcançada pelos dois métodos, mostrando a dificuldade ou facilidade de enquadrar um edifício reabilitado em tal certificação.

## **4. Simulação de conforto térmico**

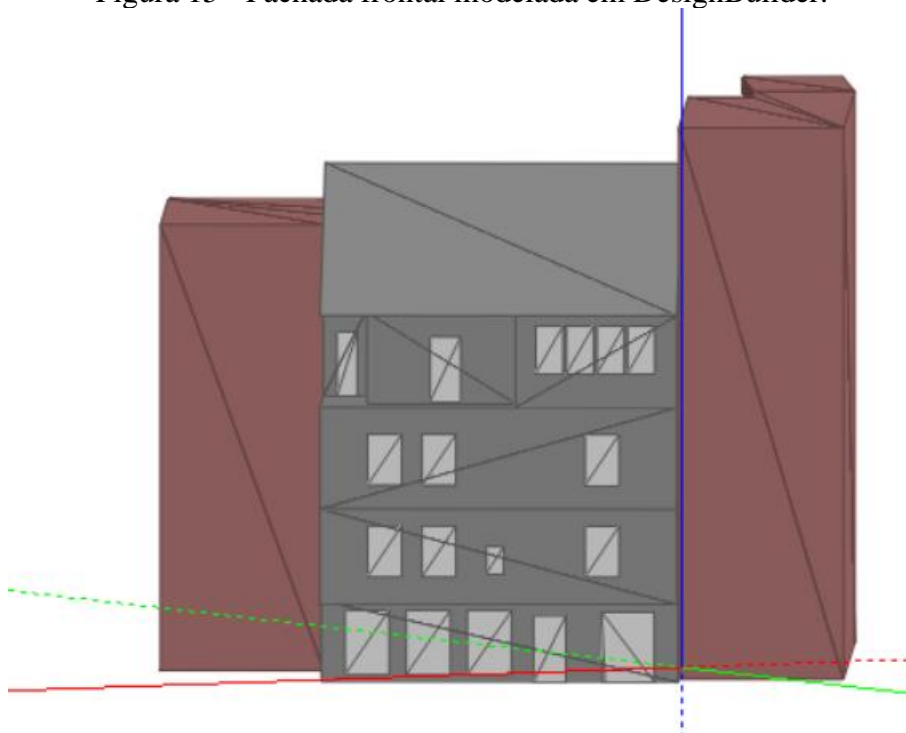
### **4.1 Descrição do modelo**

Para a simulação do desempenho térmico o software escolhido foi o DesignBuilder, que recorre ao algoritmo de simulação dinâmica do EnergyPlus. O DesignBuilder permite aos usuários criar modelos virtuais detalhados de edifícios em 3D, incorporando elementos como geometria, caracterização construtiva da envolvente do edifício, sistemas AVAC (aquecimento, ventilação e ar-condicionado), iluminação e outros ganhos. Com base nesses modelos, o software realiza simulações computacionais para prever o desempenho térmico e energético dos edifícios.

A modelação conta com a geometria da arquitetura do edifício, com seus quatro pisos e mais o sótão e os prédios adjacentes. Para a modelação dos prédios adjacentes, foi utilizado o recurso “Component Block” do programa DesignBuilder, que permite considerar as edificações ao lado, simulando assim o sombreamento que causam no edifício estudado. A fachada frontal da edificação, mostrada na Figura 15, está orientada a nordeste e a fachada traseira está orientada a sudoeste (Figura 16). A orientação correta do edifício também é um aspeto fundamental a ser considerado numa simulação, pois os ganhos solares têm um peso muito relevante no desempenho dos edifícios e, conseqüentemente, nos níveis de conforto térmico interior.

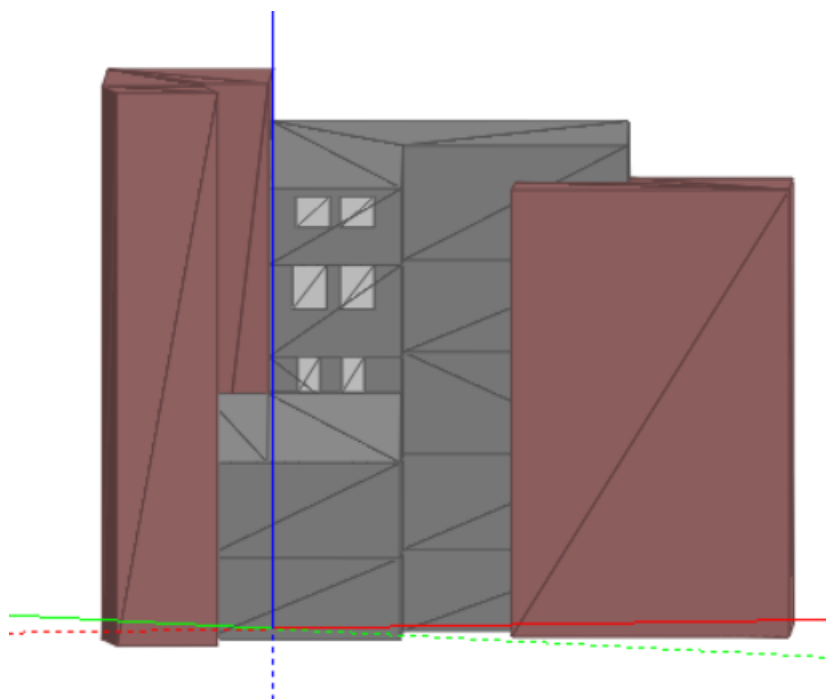
Outra coisa que difere a Casa dos Balcões de outros prédios é a disposição do seu perímetro, não sendo um retângulo, mas sim um elemento parecido com o formato de um L. Assim, os ganhos solares sofrem interferência dessa disposição e dos demais prédios que se encontram ao seu redor (Figura 17).

Figura 15 - Fachada frontal modelada em DesignBuilder.



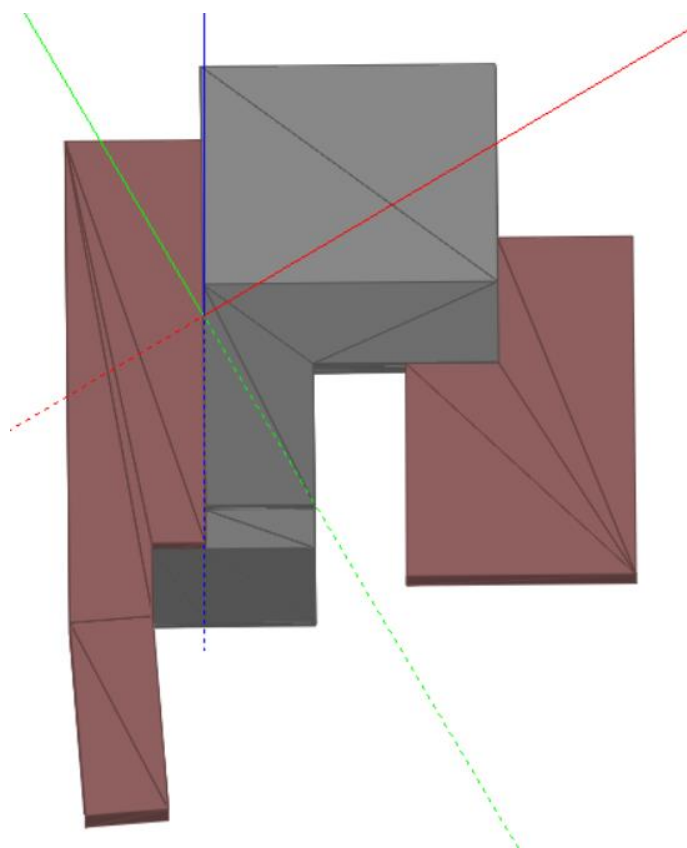
Fonte: DesignBuilder, 2023.

Figura 16 - Fachada traseira modelada em DesignBuilder.



Fonte: DesignBuilder, 2023.

Figura 17 - Vista superior modelada em DesignBuilder.

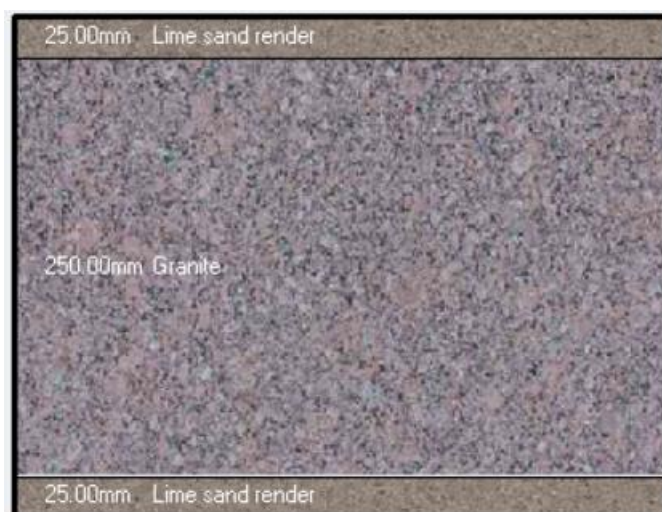


Fonte: DesignBuilder, 2023.

Após a geometria estar definida, foram criados e atribuídos os materiais das paredes, teto, piso e janelas, ajustando-se sempre o coeficiente de condutibilidade térmica e a espessura de cada um. A condutibilidade térmica é uma propriedade física de um material que descreve sua capacidade de conduzir calor, medindo a taxa de transferência de calor através de um material quando há uma diferença de temperatura entre as duas extremidades, em Watts por metro por grau kelvin (W/mK). Quando um material possui alta condutibilidade térmica, ele é capaz de transferir calor de forma eficiente. Por outro lado, materiais com baixa condutibilidade térmica têm uma capacidade menor de transferir calor, o que é um bom indicativo na construção civil quando o assunto é conforto térmico e controlo das perdas de calor para o exterior. Já a resistência térmica de um material é o inverso da condutibilidade térmica e descreve a dificuldade com que o calor atravessa um determinado material, ela também leva em consideração a espessura do material, ou seja, a resistência térmica é a razão entre a espessura e a condutibilidade térmica.

Para as paredes externas foi definido como material principal o granito, com 25 cm de espessura, estabelecendo-se uma condutibilidade térmica de 2,80 W/mK e densidade de 2600 kg/m<sup>3</sup>, rebocado com uma camada de 2,5 cm de argamassa com areia de cada lado, que apresenta condutibilidade de 0,80 W/mK e densidade de 1600 kg/m<sup>3</sup> (Figura 18).

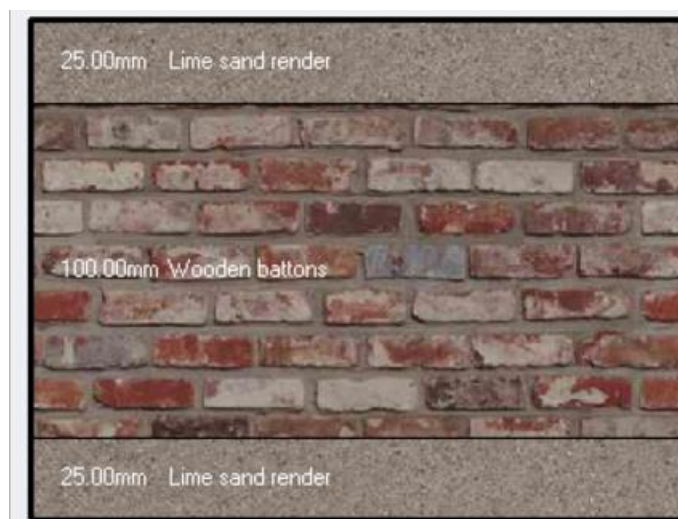
Figura 18 - Composição atual parede externa.



Fonte: DesignBuilder, 2023.

As partições internas e paredes semi-expostas são todas feitas de tapique inglês, e, como no DesignBuilder não existe essa opção de conjunto de material, foi adotada uma solução composta por blocos de madeira com 10 cm de espessura e 0,13 W/mK de condutibilidade, sendo cobertos com 2,5 cm de argamassa de areia cada lado (Figura 19). Vale ressaltar que as partições internas não são tão importantes para o conforto térmico, embora desempenhem papel relevante no conforto acústico.

Figura 19 - Composição atual paredes internas e semi-expostas.



Fonte: DesignBuilder, 2023.

Todos os pisos do edifício foram considerados de madeira, visto que não foi possível realizar uma visita no local para saber os exatos materiais e distribuições dos pisos. A madeira escolhida

tem condutibilidade térmica de 0,14 W/mK e 650 de densidade  $\text{kg/m}^3$ , com espessura de 10 cm, como mostra a Figura 20.

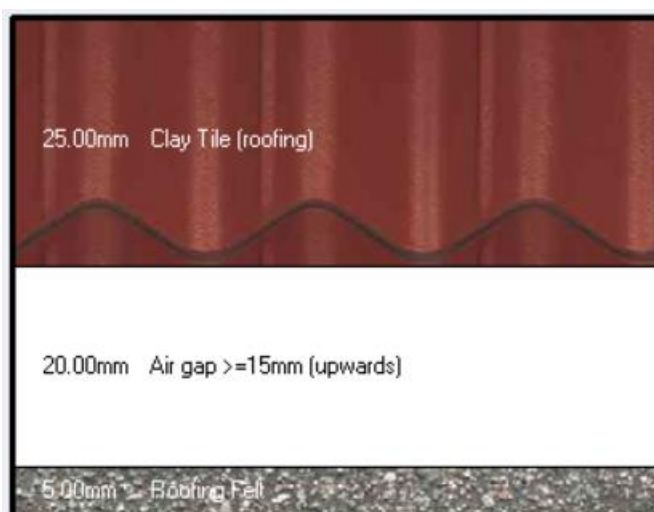
Figura 20 - Composição do pavimento.



Fonte: DesignBuilder, 2023.

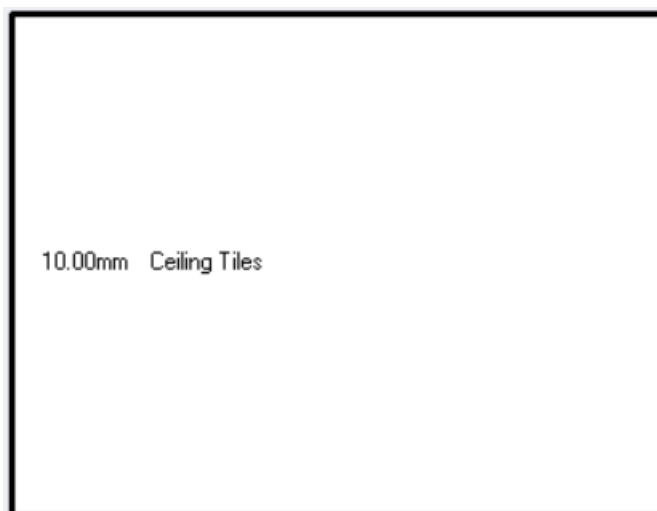
Já a cobertura é um telhado simples com estrutura de madeira, telhas cerâmicas de aproximadamente 2,5 cm ( $1,0 \text{ W/mK}$  e  $2000 \text{ kg/m}^3$ ), um espaço de ar de 2 cm, que conta com resistência térmica de  $0,16 \text{ m}^2\text{K/W}$ , e uma fina manta com 5 mm ( $0,19 \text{ W/mK}$ ;  $960 \text{ kg/m}^3$ ) (Figura 21). Todos os forros também foram considerados iguais sendo de gesso com 1,0 cm de espessura e  $380 \text{ kg/m}^3$  de densidade (Figura 22).

Figura 21 - Composição atual telhado.



Fonte: DesignBuilder, 2023.

Figura 22 - Composição atual forro.



Fonte: DesignBuilder, 2023.

Como é uma construção antiga, as janelas são de vidro simples, transparente, com 6 mm de espessura, que resulta numa transmissão solar de 0,819 e num coeficiente de transmissão térmica de  $5,778 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Relativamente aos ganhos internos, no piso 0 encontra-se uma loja comercial, apresentando, portanto, um perfil diferente do resto do edifício, que é destinado a habitação. Assim, no piso 0 consideraram-se ganhos por equipamentos de  $5 \text{ W/m}^2$ , por iluminação também de  $5 \text{ W/m}^2$ , e por ocupação de  $20 \text{ W/m}^2$ , o que totaliza  $30 \text{ W/m}^2$ . Estes ganhos seguem um calendário específico, assumindo-se que ocorrem apenas em dias e horários comerciais, ou seja, de segunda a sábado, das 09:00 às 19:00 horas.

Como não foi possível verificar o tipo de ocupação de cada parcela das residências dos demais pavimentos, foram considerados que os ganhos internos das frações são de  $4 \text{ W/m}^2$ , todos os dias e em todos os horários, seguindo a metodologia proposta na regulamentação portuguesa.

A ventilação tem um papel muito importante dentro de uma edificação, seja pelo conforto ou mesmo para evitar a ocorrência de condensações superficiais. Assim, foi estimado que a ventilação é de  $0,70 \text{ h}^{-1}$ , de forma constante, nos quatro pavimentos, e  $1,50 \text{ h}^{-1}$ , no desvão da cobertura.

## 4.2 Avaliação do conforto térmico

Após a modelação do edifício, realizou-se a simulação de conforto térmico recorrendo ao método de conforto adaptativo da ASHRAE 55. A partir dos dados das temperaturas fornecidos sobre a cidade de Viseu, são colhidas as temperaturas do bulbo seco, e esses dados são inseridos

no programa DesignBuilder para as seguintes simulações. Após a simulação, são coletados os dados das temperaturas operativas e assim, seguindo as equações (1) e (2) são gerados os gráficos de conforto térmico adaptativo, levando em consideração 80% de aceitabilidade. Com a equação 1 calcula-se o limite superior e com a equação 2 é calculado o limite inferior, ambas em graus celcius.

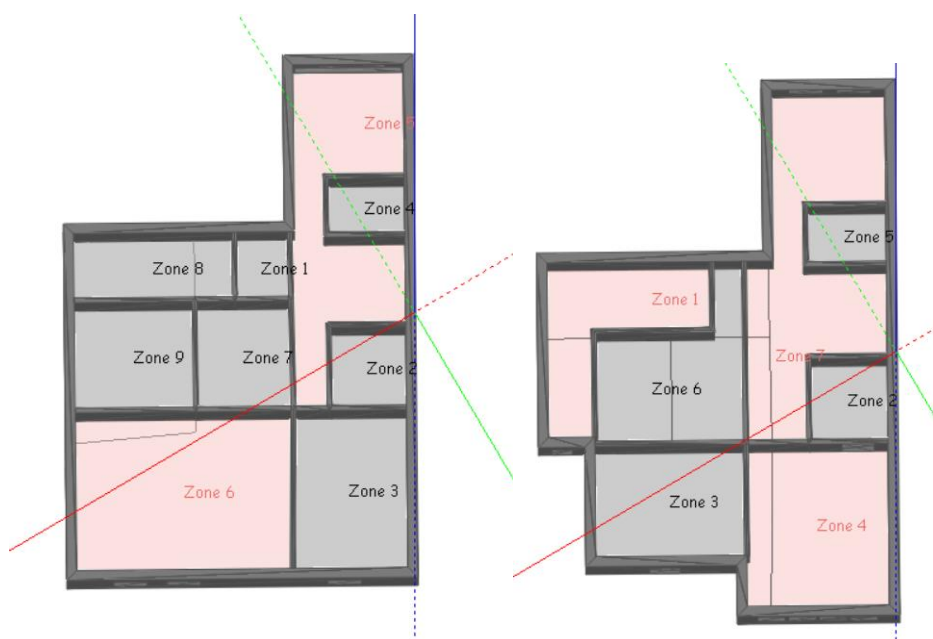
$$\text{Limite superior} = 0,31 \cdot t_{pma(out)} + 21,3 \quad (1)$$

$$\text{Limite inferior} = 0,31 \cdot t_{pma(out)} + 14,3 \quad (2)$$

Para a avaliação do conforto térmico, foram escolhidas zonas consideradas mais críticas nos quatro pavimentos (Figura 23). As zonas escolhidas foram as seguintes: a zona 2 do pavimento 01, pelo grande número de janelas que nela existem; zona 5 e 6 do pavimento 02, por estarem em orientações diferentes; pela mesma razão, as zonas 5 e 6 do pavimento 03; e do último pavimento foram escolhidas três zonas, a 1, 4 e 7, pois era o pavimento com mais problemas de temperaturas demasiado frias.

Figura 23 - Zonas escolhidas para estudo, pavimento 01, 02, 03 e 04 respectivamente.





Fonte: DesignBuilder, 2023.

Primeiramente foi avaliado o conforto térmico dos quatro pavimentos, considerando a temperatura operativa média em cada piso. De seguida, avaliaram-se separadamente as oito zonas que são o foco. E, por fim, entre esses 8 ambientes, optou-se por analisar apenas um em cada pavimento, aqueles que melhor representam a diferença térmica devido à distribuição dos ambientes nos pavimentos. Assim, para o pavimento 01, foi escolhida a zona 02, para o pavimento 02, a zona 05, para o pavimento 03, a zona 05, e para o último pavimento foi escolhida a zona 04. Nas Figura 24, Figura 25, Figura 26 e Figura 27 é possível observar o resultado da avaliação do conforto térmico.

Figura 24 - Gráfico de conforto atual zona 02 pavimento 01.

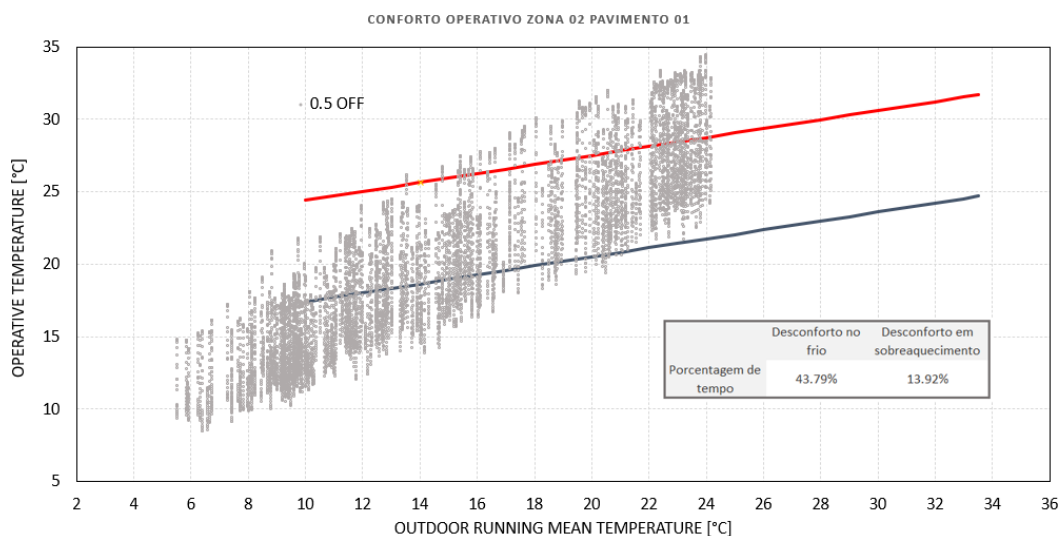


Figura 25 - Gráfico de conforto atual zona 05 pavimento 02.

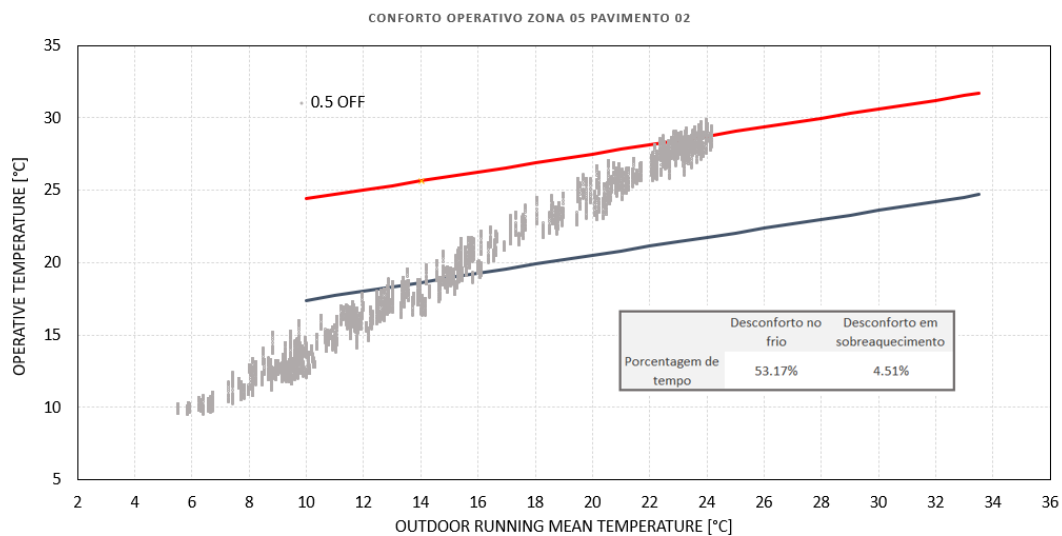


Figura 26 - Gráfico de conforto atual zona 05 pavimento 03.

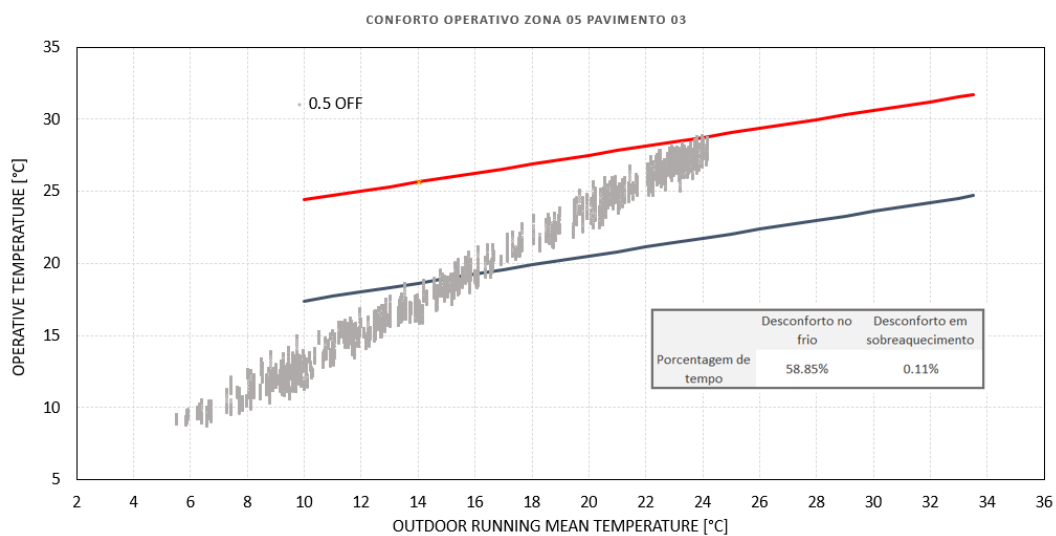
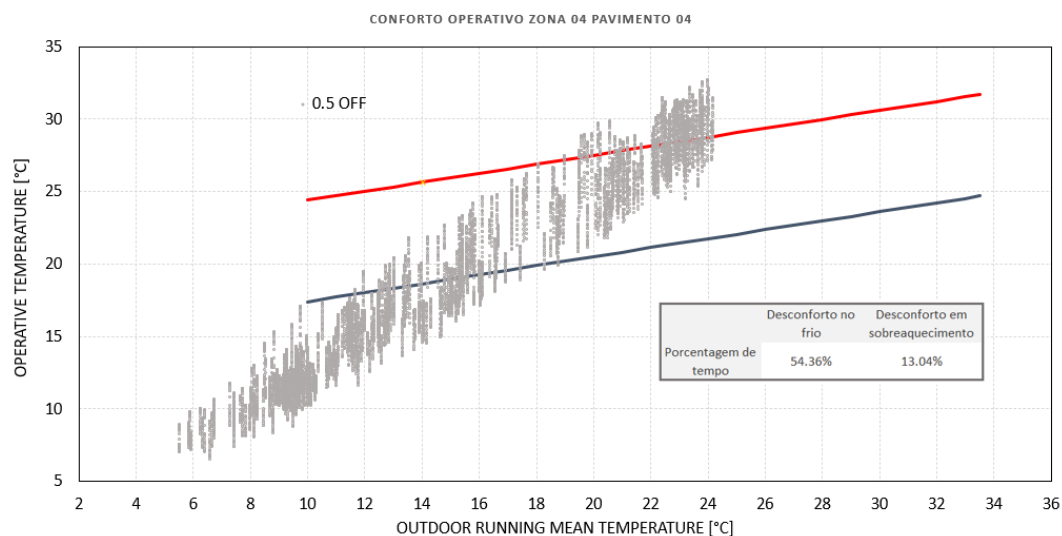


Figura 27 - Gráfico de conforto atual zona 04 pavimento 04.



Como seria de esperar os resultados evidenciam um cenário de grande desconforto. Nota-se obviamente uma semelhança em todos os gráficos, sendo que todos têm uma porcentagem de tempo de desconforto maior devido a temperaturas baixas do que devido ao sobreaquecimento.

## 5. Certificação WELL – Conforto Térmico

O conforto térmico é tido como um conceito muito subjetivo, já que cada sistema de cada indivíduo se adapta de forma diferente a um mesmo ambiente térmico. Entretanto, a *ASHRAE 55* refere que o conforto térmico é um dos fatores que mais influencia a satisfação dos ocupantes e utilizadores dos edifícios, e o que mais impacta na produtividade, humor e motivação dos trabalhadores.

Este capítulo aborda como a *WELL Certified* divide o conceito de conforto térmico em 9 tópicos, sendo 8 com pontuação (T02 a T09) e 1 obrigatório (T01), trazendo uma explicação ampla de cada tópico que, conforme necessidade, será apresentado mais a fundo no capítulo 6. A listagem completa dos tópicos está apresentada no Anexo A.

### 5.1 T01 Desempenho térmico

Levando em consideração que aquecer ou arrefecer um edifício pode ser responsável por até metade do seu consumo total de energia, o impacto de gasto energético tem um enorme peso sobre as famílias e as empresas. Além disso, o conforto térmico tem influência direta na produtividade dos trabalhadores, que relatam que em ambientes com temperaturas muito baixas manter-se com a postura adequada requer um esforço maior e com temperaturas muito elevadas há dificuldade para respirar, por exemplo.

O desempenho térmico surge como o primeiro tópico para a avaliação do conforto e tem caráter obrigatório. Este tópico assume que, quando o ambiente é condicionado mecanicamente, devem ser atendidos 6 parâmetros de conforto: temperatura do ar, humidade, movimento do ar, temperatura radiante média das superfícies circundantes, taxa metabólica e resistência térmica do vestuário. Quando o espaço é naturalmente condicionado, utilizam-se os parâmetros de para

avaliação do conforto térmico pelo método adaptativo. Em ambientes que podem funcionar das duas formas, deve-se obter um resultado favorável nas duas situações.

Assim, o desempenho térmico divide-se em parte 01 e parte 02, apresentando diferentes opções a serem seguidas para garantir a verificação do tópico. A parte 01 apresenta uma verificação da performance de condições ambientais, que pode ser feita por meio do PMV, em ambientes mecanicamente condicionados, ou pelo método adaptativo, em ambientes naturalmente condicionados. A segunda opção requer a utilização de equipamentos que monitorem a temperatura e conforto do ambiente a longo prazo, como é apresentado no recurso T06, tópico 5.6 deste capítulo. A certificação ainda apresenta uma terceira opção, que é o cumprimento de pelo menos 2 pontos no recurso T02 por meio de pesquisas sobre conforto térmico, tal como está apresentado no tópico 5.2. Essas opções devem ser verificadas pela carta de garantia do engenheiro, ver Anexo B, e por dados dos sensores instalados.

A parte 02 do tópico refere-se à medição de parâmetros térmicos, em que podem ser realizados testes semestrais de variáveis como temperatura do bolbo seco, velocidade do ar, temperatura média radiante e humidade relativa, pelo menos uma vez nos meses mais quentes e uma vez nos meses mais frios. Os resultados são submetidos na plataforma digital WELL anualmente. A outra opção fornecida é a de monitoramento contínuo, também pelo recurso T06 presente no tópico 5.6, verificado através de relatório de dados contínuos.

## 5.2 T02 Conforto térmico verificado

A *ASHRAE 55* propõe que para um edifício ser considerado confortável termicamente, pelo menos 80% das pessoas dentro dele devem se sentir confortáveis. Entretanto, nos Estados Unidos por exemplo, apenas 11% dos edifícios de escritório atingem essa percentagem, e pesquisando entre os usuários, cerca de 41% sentem-se mesmo desconfortáveis. Para isso, WELL indica uma pesquisa pós ocupação, que deve ser realizada duas vezes ao ano, nos meses de teoricamente maior desconforto, tendo a primeira de ser feita 6 meses após a ocupação.

Com esse propósito as seguintes condições mínimas de taxa de resposta devem ser atendidas: em edifícios com menos de 20 ocupantes regulares, deve-se obter 80% de respostas, no mínimo; entre 20 e 45 ocupantes, pelo menos 15 devem responder a pesquisa; e em edifícios com mais de 45 ocupantes, apenas 35% são obrigados a responder. A partir dessas respostas, se for obtido um feedback positivo de 80% dos ocupantes, a edificação garante 2 pontos, e para 90% de satisfação, obtém-se 3 pontos.

### 5.3 T03 Zoneamento térmico

A temperatura no interior de um edifício e como as pessoas se sentem dentro dele depende de vários fatores, como por exemplo a orientação do prédio, localização, estrutura, densidade de ocupantes, ventilação, entre outros. Assim, é, por vezes, necessário que haja um controlo térmico distinto para cada região dentro dele. Para dar resposta a este desafio, uma alternativa que a certificação propõe é fornecer controlo de termostato para pelo menos 90% dos espaços ocupados regularmente e uma interface digital via telemóvel ou computador para que os ocupantes possam alterar a temperatura. A pontuação desse recurso dá-se através do número de termostatos por pessoas ou por  $m^2$ , como mostra a Tabela 4. Além disso, a distância entre portas, janelas, luz solar direta, paredes externas, condicionadores de temperatura até ao termostato deve ser de no mínimo 1 metro, garantindo-se assim que não há um condicionamento da medição por efeitos localizados.

Tabela 4 - Pontuação do zoneamento térmico.

Nível	Número de termostatos		Número de termostatos	Pontos
1	Um por aproximadamente $60.40 m^2$	ou	Um por 10 ocupantes	1
2	Um por aproximadamente $29.75 m^2$	ou	Um por 5 ocupantes	2

Fonte: Adaptado de (WELL, 2023.)

### 5.4 T04 Controlo térmico individual

Como referido anteriormente, cada indivíduo percebe as mudanças de temperatura de uma maneira distinta, havendo vários fatores individuais que influenciam essa percepção, tais como: idade, sexo, saúde, adaptação... Desta forma, muitas normas tentam se adequar para que pelo menos 80% dos ocupantes se mantenham em conforto térmico. Para esse efeito, a WELL propõe o recurso T04 em que cada pessoa tem direito a dispositivos pessoais para seu próprio conforto térmico, sem alterar o conforto dos outros ocupantes. Para esse efeito, a norma considera os seguintes dispositivos: termostato individual, ventiladores, cadeira com aquecimento ou arrefecimento mecânico, ou qualquer outra solução que seja capaz de alterar o PMV para -0,5 e +0,5 sem perturbar outros usuários. Outra parte imprescindível é o código de vestimenta flexível, permitindo que cada um se vista conforme considera adequado para aquela temperatura e ambiente.

Garantindo o controle de aquecimento, arrefecimento e vestimenta flexível, esse recurso assegura 3 pontos finais, sendo valido apenas para unidades não residenciais. O recurso deve ser verificado pela Política e/ou Cronograma de Operações.

## **5.5 T05 Conforto térmico radiante**

Entre os seis parâmetros indispensáveis para o conforto térmico está a temperatura média radiante das superfícies circundantes. Esta temperatura é influenciada pela capacidade que um material tem de reter ou emitir calor radiante, pelos objetos à sua volta e pela extensão da área em análise. Janelas com correntes de ar, ar-condicionado e paredes não isoladas são exemplos de elementos que podem condicionar a temperatura média radiante de um local. Por outro lado, pesquisas apontam que 50% dos ocupantes de um espaço tendem a se sentirem mais confortáveis com dispositivos de aquecimento ou arrefecimento radiante. No recurso T05 a WELL propõe a colocação de pisos, paredes, tetos ou painéis radiantes, de aquecimento e resfriamento, em pelo menos 50% da área do projeto, para a garantia de 2 pontos. Esse recurso é verificado por documento técnico auditado.

## **5.6 T06 Monitoramento do conforto térmico**

Humidades muito baixas ou muito elevadas, mudanças extremas de temperatura e correntes de ar fortes têm impacto direto na saúde humana, sendo potenciais causadoras de irritações nos olhos e na garganta, dores de cabeça, entre outros sintomas que podem estar relacionados com esses fatores. Os sistemas de aquecimento e arrefecimento proporcionam maneiras de controlar a temperatura do ar interior, velocidade projetada do ar e até a humidade. No entanto, para garantir que esses sistemas estão a operar corretamente, é fundamental monitorar todos os parâmetros necessários para o conforto térmico. Nesse quesito, a WELL recomenda uma plataforma digital em que todos os ocupantes tenham acesso e possam monitorar se os fatores responsáveis pelo seu conforto estão de acordo com o indicado. Em unidades não residenciais também devem ser enviados dados anualmente para a plataforma digital WELL, e feita uma substituição ou calibração dos sensores a cada 3 anos. A pontuação referente a esse recurso é de 01 ponto.

## **5.7 T07 Controle de humidade**

O controle de humidade é essencial para o bem-estar dos usuários de um edifício, além disso, uma humidade elevada também se reflete na durabilidade do edifício, podendo danificar materiais e objetos presentes no seu interior. Assim, a WELL apresenta três formas de controlar

a humidade, sendo necessário atender apenas a uma delas para receber a pontuação de 1 ponto. A primeira opção dá-se por controlo mecânico da humidade, em que um sistema mecânico consegue manter a humidade do ar entre 30% e 60%, por meio de retirada ou adição de vapor de água; a segunda opção é a modelagem da humidade do ar – um processo em que através de modelos matemáticos, computacionais e coletas de dados se consegue prever a humidade relativa do ar em determinada área ao longo do tempo. Essa modelagem deve assegurar que a humidade se mantenha entre 30% e 60% em pelo menos 98% de todas as horas trabalhadas no ano. E a última opção é dada por meio do recurso T06 do tópico 5.6 apresentado acima, ou seja, medindo e garantindo que a humidade de áreas utilizadas regularmente está entre 30% e 60% quando ocupadas.

## 5.8 T08 $\beta$ Janelas operáveis aprimoradas

Apesar de todo o avanço tecnológico no âmbito de criar um ambiente que promova saúde e bem-estar por via de ventilação mecânica, o ar exterior ainda é a melhor maneira de trazer satisfação e conforto para um espaço, desde que as temperaturas exteriores estejam agradáveis e a poluição externa não seja extrema. Nesse campo, a WELL propõe um recurso em que as janelas sejam abertas em diferentes alturas para melhor circulação de ar e que se divide em duas partes: projeto da janela e operação da janela.

Na primeira parte, a certificação afirma que, no mínimo, 70% das janelas operáveis não devem ter metade da sua abertura acima de 1,80 m e devem ter, no mínimo, 30 cm de abertura no lado menor e, se houver aquecimento no projeto, 30% das aberturas das janelas operáveis devem estar 1,80 m acima do piso acabado, o mais próximo do teto possível. Também os controlos para as janelas operáveis não devem estar acima de 1,70 m do piso acabado.

Este recurso deve ser verificado por carta de garantia do projetista, tal como disponibilizado no Anexo I.

Na segunda parte, referente à operação da janela, o recurso exige que janelas com aberturas baixas devem ser usadas em tempo quente ou ameno. Quando o resfriamento mecânico estiver operando, as janelas devem estar fechadas e, se houver janelas com aberturas altas, elas devem ser usadas em tempos frios. Essa segunda parte é verificada por narrativa profissional.

Com as duas partes verificadas o tópico permite uma pontuação de 01 ponto, mas somente se o recurso T07 parte 01 também for alcançado.

Observação: o símbolo  $\beta$  na designação significa que o recurso é recente na certificação e está em fase de teste e aprimoramento.

## 5.9 T09 $\beta$ Conforto térmico externo

O recurso de conforto térmico exterior destina-se ao planeamento e projeto de espaços ao ar livre, em que as temperaturas sejam agradáveis, sem incidência de ventos excessivos, para

mitigar os possíveis efeitos de uma ilha de calor urbana, fenômeno que tende a ocorrer em grandes cidades. Para isso, o tópico se divide em parte 01, sobre o gerenciamento do calor externo, que fornece opção de sombreamento externo e modelagem de temperatura; parte 02, sobre evitar ventos excessivos, realizando simulações computacionais; e parte 03 sobre o acesso a natureza ao ar livre. Cada parte oferece 01 ponto caso for atendida, totalizando 03 pontos totais do recurso.

## 6. Resultados e discussão

Este capítulo encontra-se dividido em duas partes, a primeira parte, secção 6.1, apresenta os resultados específicos de cada tópico apresentado no capítulo 5, já a segunda parte, secção 6.2, aborda uma discussão abrangente sobre todos os tópicos da certificação e sua pontuação final.

### 6.1 Verificação dos recursos WELL

#### 6.1.1 Verificação do recurso T01 – Desempenho Térmico

Para a verificação da parte 01 deste tópico foi utilizada a opção 01 que conta com os seguintes requisitos específicos: espaços mecanicamente condicionados e ocupados regularmente, as condições de PMV devem manter-se entre -0,5 e +0,5, para no mínimo 90% dos espaços ocupados; para espaços naturalmente condicionados, as condições da Tabela 5 devem ser cumpridas, e para espaços condicionados e forma mista os dois requisitos devem ser atendidos.

Tabela 5 - Condições para espaços condicionados naturalmente.

	Temperatura externa média predominante ( $t_{pma(fora)}$ )	Temperatura operacional interna	Notas
Mínimo	10 °C	$t_{pma(fora)} \cdot 0.31 + 14.3^{\circ}\text{C}$	N/D
Máximo	33,5 °C	$t_{pma(fora)} \cdot 0.31 + 21.3^{\circ}\text{C}$	Uma velocidade do ar elevada, controlada pelo ocupante, pode ser usada para aumentar este máximo de acordo com ASHRAE 55

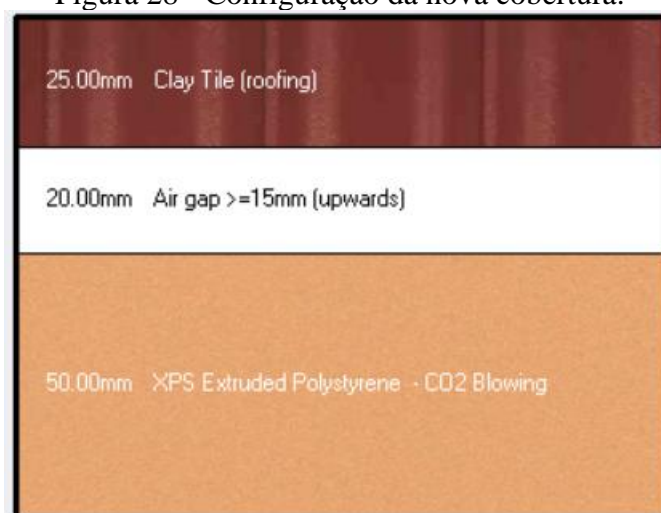
Fonte: Adaptado de (WELL, 2023.)

Como método para a averiguação do conforto, utilizou-se o programa DesignBuilder, seguindo a metodologia descrita no capítulo 4. A ideia principal é que os espaços não necessitem de aquecimento ou arrefecimento mecânico. Para isso, primeiro foi verificado o conforto nos espaços naturalmente condicionados, testando também a alteração de alguns materiais que seriam compatíveis com a preservação arquitetônica exigida para um edifício localizado no centro histórico e que permitiriam um conforto térmico maior. Nas Figura 24, Figura 25, Figura 26 e Figura 27 do capítulo 4, ficou visível que com os materiais atualmente empregados na construção o nível de desconforto é muito alto. Nesse sentido, foram testadas alterações nas paredes exteriores, na cobertura e nos envidraçados.

Inicialmente foram modificados os vidros da edificação, que passaram de vidro simples de 6 mm, para vidros duplos, com dois vidros de 6 mm e um espaço interior de 13 mm preenchido com ar.

A segunda modificação foi feita na cobertura, que em boa parte das vezes é um grande responsável pelo desconforto sentido dentro de casa. Assim, foi introduzida uma camada de Poliestireno Extrudido com 5 cm de espessura (Figura 28).

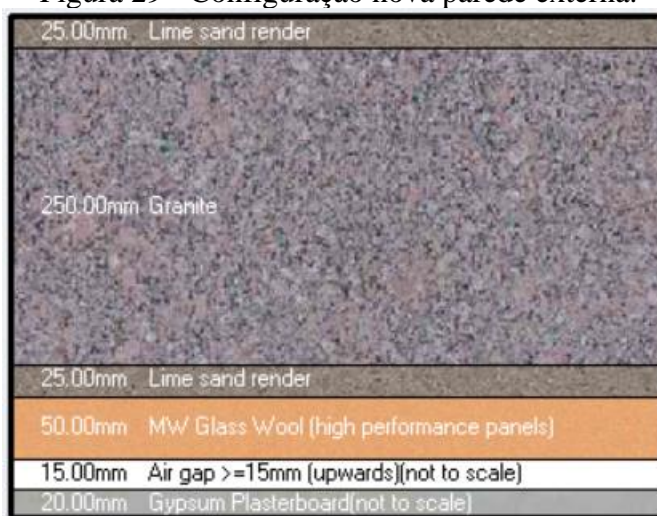
Figura 28 - Configuração da nova cobertura.



Fonte: DesignBuilder, 2023.

Para as paredes foi escolhida uma solução de isolamento pelo interior, para não ter alterações arquitetônicas na fachada. Embora os isolantes pelo interior contem com algumas falhas, por exemplo o não tratamento de algumas pontes térmicas dependendo do tipo de execução, ou a perda de espaço interior, ou a perda de inércia térmica, ele é uma ótima alternativa quando se pretende preservar a fachada do local. Assim, foi utilizada uma lã mineral, que foi escolhida pois pode ser uma ótima aliada no conforto acústico, com 5 cm de espessura, uma camada de ar de 1,5 cm e uma placa de gesso de 2 cm para acabamento, como mostra a Figura 29.

Figura 29 - Configuração nova parede externa.



Fonte: DesignBuilder, 2023.

Na Tabela 6 mostram-se os valores das propriedades térmicas dos envidraçados, das paredes exteriores e da cobertura na sua configuração inicial e após as alterações descritas anteriormente.

Tabela 6 - Resistencia térmica e coeficiente de transmissão atuais e novos.

	Paredes exteriores		Cobertura		Envidraçados	
	Atuais	Novas	Atual	Nova	Atuais	Novos
Espessura (mm)	300	385	50	95	6	25
R-Value ( $K \cdot m^2 / K$ )	0.322	2.124	0.351	1.796	-	-
U-Value ( $W / m^2 \cdot K$ )	3.118	0.417	2.846	0.557	5.778	2.665

- **Conforto Térmico Adaptativo para ambientes condicionados naturalmente.**

Com os novos elementos construtivos foram realizadas novas simulações e gerados novamente os gráficos de conforto, que agora podem ser comparados com os gráficos de conforto atual.

Os primeiros graficos feitos se referem a zona 02 do pavimento 01, esta zona foi escolhida pois encontra-se no primeiro andar, onde fica localizado o comércio, ela contem grandes portas de vidros e janelas, ou seja há bastante contato com o ambiente exterior. A Figura 30 mostra o gráfico de conforto do ambiente em seu estado atual para comparação com os próximos gráficos com materiais alterados. O primeiro material a ser alterado foram os vidros (Figura 31), como é possível observar na porcentagem de desconforto houve pouca mudança, mas a mudança foi um pouco mais significativa do que a alteração da cobertura (Figura 32) pois o telhado encontra-se muito afastado da zona. A variação mais expressiva foi a da alteração no isolamento das paredes apresentado na Figura 33, apesar de o desconforto no calor ter aumentado, isso se deve

ao fato de que com isolamento melhor há mais dificuldade de troca de calor com o ambiente externo, o que será vantajoso quando for utilizada climatização mecanizada. A Figura 34 mostra o grafico com todos os novos materiais empregados, ele se apresenta muito semelhante ao grafico apenas com isolamento nas paredes, mostrando que é o material mais significativo, como está exposto na Tabela 7.

Tabela 7 - Gráfico comparativo de conforto térmico adaptativo para a zona 02 do pavimento 01.

Situação	Desconforto no frio (%)	Desconforto no calor (%)
Cenário atual	43,79	13,92
Vidros novos	43,65	13,36
Nova cobertura	43,73	13,94
Paredes com isolamento	38,57	15,82
Todos os isolamento	38,21	15,09

Figura 30 - Gráfico de conforto atual zona 02 pavimento 01.

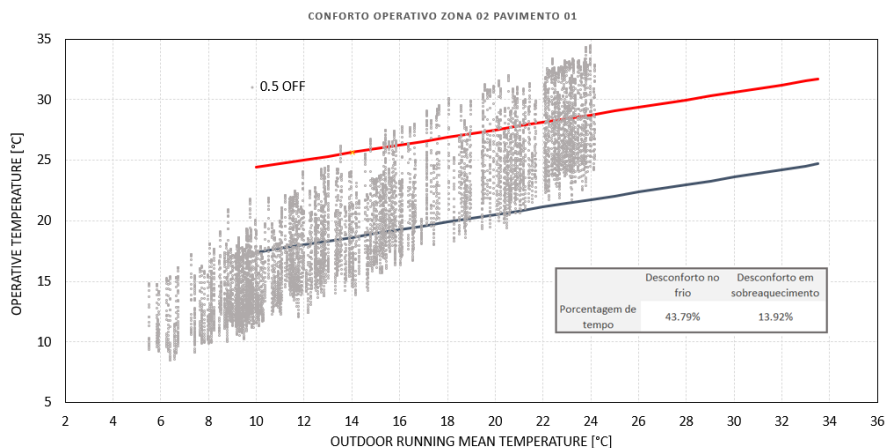


Figura 31 - Gráfico de conforto para novos vidros zona 02 pavimento 01.

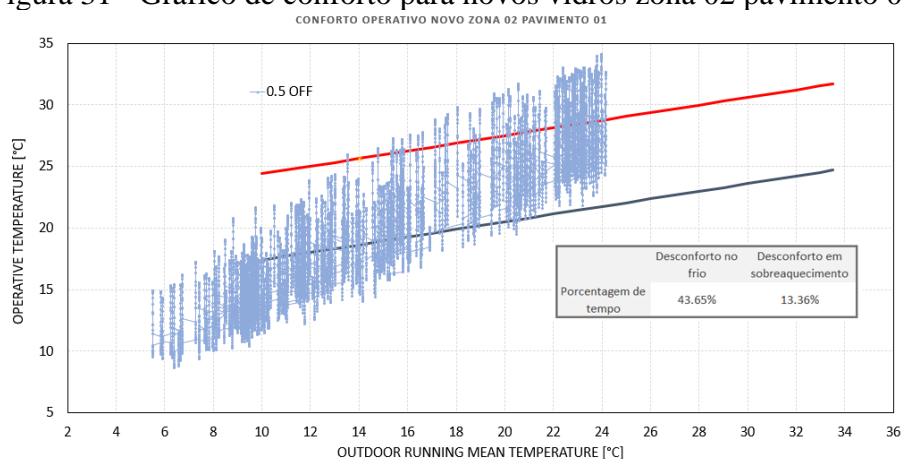


Figura 32 - Gráfico de conforto para novo telhado zona 02 pavimento 01.

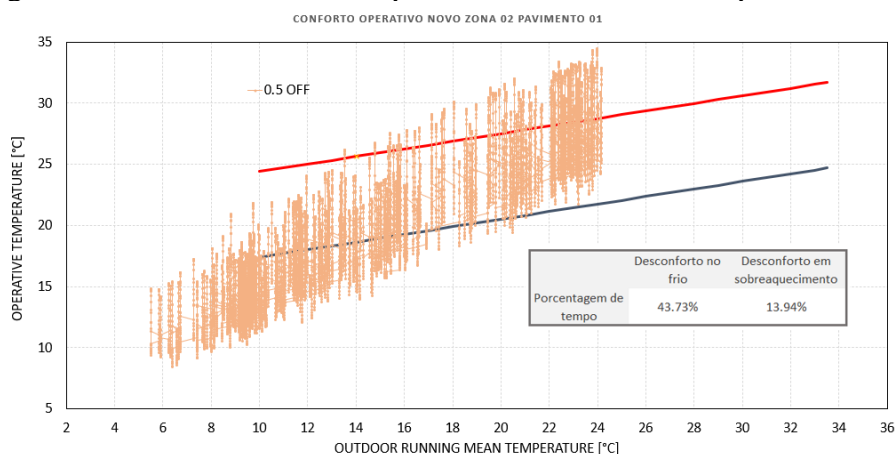


Figura 33 - Gráfico de conforto para novas paredes zona 02 pavimento 01.

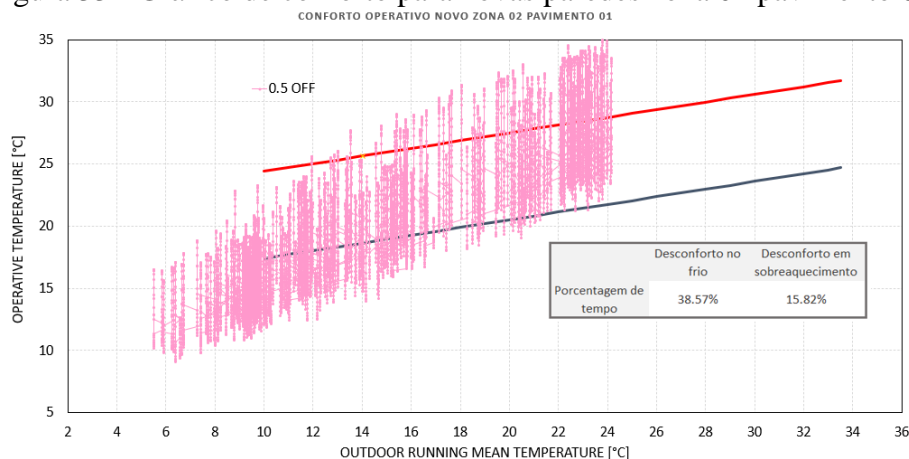
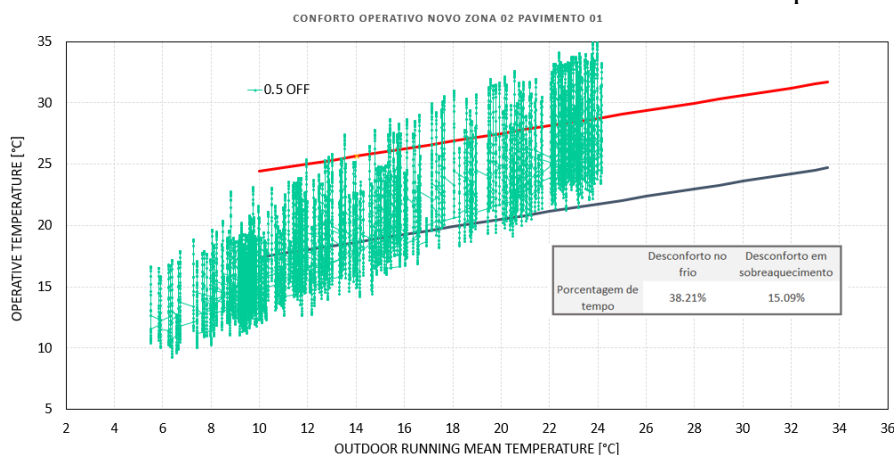


Figura 34 - Gráfico de conforto com todos os isolamentos zona 02 pavimento 01.



Para um comparativo mais abrangente, foi escolhida mais uma zona para simulações, a zona 05 do pavimento 03, por ser um ambiente com pouca incidência solar e ter apresentado um gráfico de conforto atual (Figura 35) mais distinto do que as demais zonas. Por ser um ambiente

majoritariamente em contato com outras zonas ou edificações, a incidência de raios solares é muito menor, tornando-o assim uma zona mais fria, com mais desconforto no inverno do que no verão, os graficos com vidros novos (Figura 36) e nova cobertura (Figura 37) obtiveram poucas variações, apenas extinguindo o desconforto no frio, que já era muito baixo, a Tabela 8 apresenta a comparação, e mostra que apesar de haver mudanças no desconforto em relação ao frio quando colocados isolamentos nas paredes (Figura 38) e na combinação de todos os isolamentos (Figura 39), o desconforto ainda é acima de 50%, ou seja, não verifica o necessário para receber pontuação nesse tópico, então será recorrido ao método do PMV, com climatização mecânica

Tabela 8 - Gráfico comparativo de conforto térmico adaptativo para a zona 05 do pavimento 03.

Situação	Desconforto no frio (%)	Desconforto no calor (%)
Cenário atual	58,85	0,11
Vidros novos	58,94	0,0
Nova cobertura	59,21	0,0
Paredes com isolamento	53,94	0,06
Todos os isolamento	54,43	0,24

Figura 35 - Gráfico de conforto atual zona 05 pavimento 03.

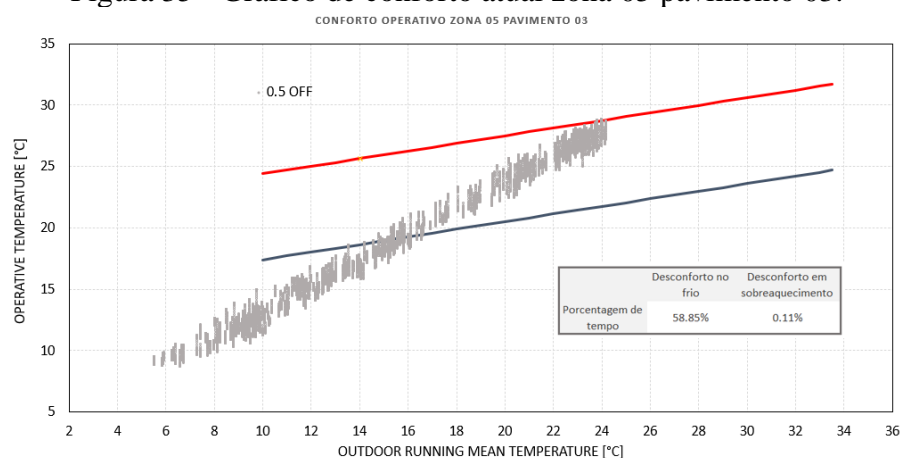


Figura 36 - Gráfico de conforto para novos vidros zona 05 pavimento 03.

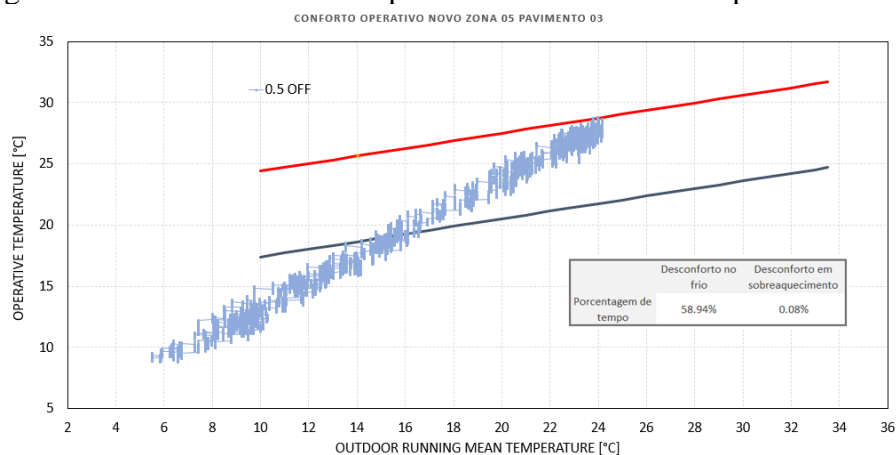


Figura 37 - Gráfico de conforto para novo telhado zona 05 pavimento 03.

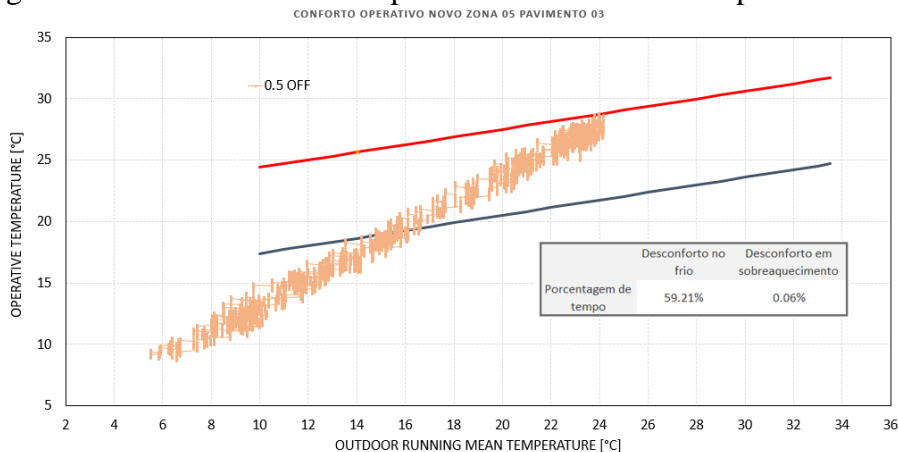


Figura 38 - Gráfico de conforto para novas paredes zona 05 pavimento 03.

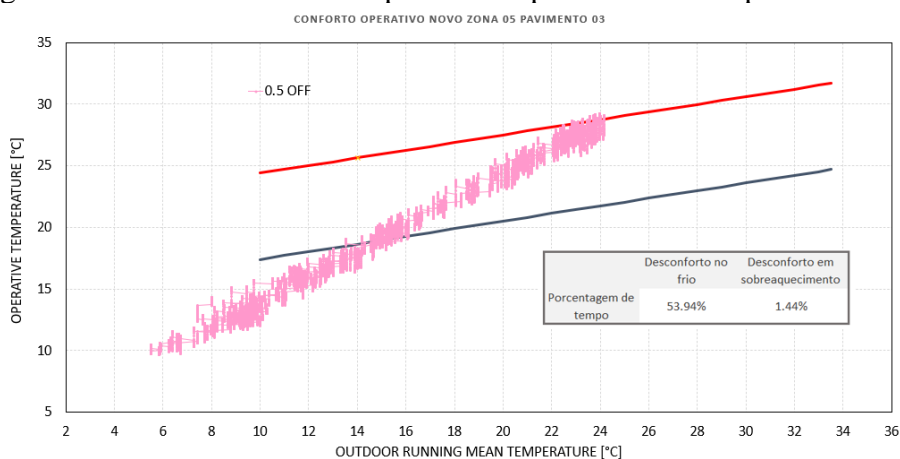
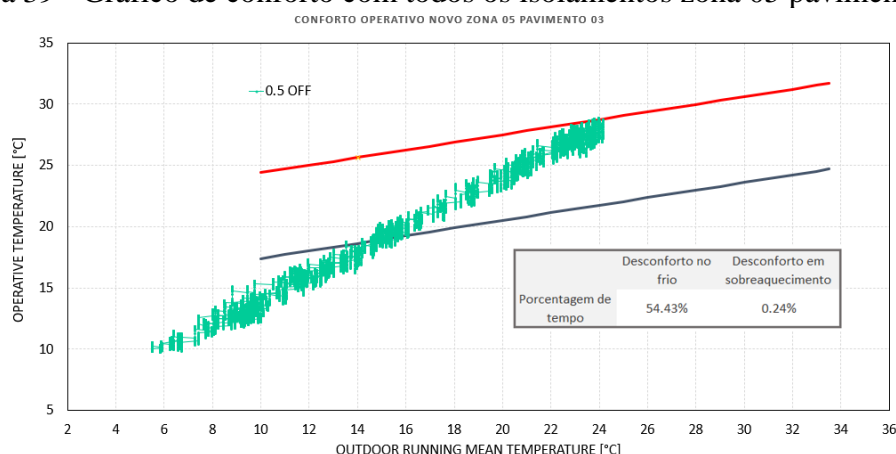


Figura 39 - Gráfico de conforto com todos os isolamentos zona 05 pavimento 03.



- **Conforto Térmico utilizando PMV para ambiente condicionados mecanicamente.**

Para verificar esse tópico da certificação, o PMV deve estar entre -0,5 e +0,5 ao longo de todo o ano. Assim, para a análise do PMV foram escolhidos os meses de agosto, por ser representativo dos meses mais quentes, e janeiro, representativo dos mais frios.

O cálculo do índice PMV requer alguns parâmetros que não simulados, ou seja, foi necessário introduzir algumas simplificações no cálculo, nomeadamente: a velocidade do ar foi considerada constante e com o valor de 0,1 m/s; para a humidade relativa foi considerado o resultado da simulação, embora o modelo adotado não considerasse a higroscopicidade dos materiais; utilizou-se o modelo do EnergyPlus para a temperatura média radiante, utilizando-se um valor médio e uniforme por zona térmica; para o metabolismo foi escolhido o de ocupante sentado em repouso, que segundo a ASHRAE 55 corresponde ao valor de 1,0 met ou 60 W/m<sup>2</sup>; e relativamente à resistência térmica do vestuário, dividiu-se em inverno e verão, sendo que para o inverno adotou-se aproximadamente valor de 1 clo e para o verão 0,5 clo, de acordo com o que é apresentado no subcapítulo 2.5.

As áreas (zonas térmicas) escolhidas para a verificação foram uma zona com pouca incidência solar que necessita de mais aquecimento e uma com mais incidência solar que necessita de mais arrefecimento, ou seja, a zona 05 do pavimento 03 (a mesma utilizada para a verificação do conforto térmico adaptativo) e a zona 04 do pavimento 04. Neste caso a zona 02 do pavimento 01 não foi escolhida, pois o aquecimento e o arrefecimento funcionariam apenas nos horários comerciais, o que dificultaria a análise do PMV.

Com o propósito de avaliar previamente a edificação, sem condicionamento mecânico, e para comparações posteriores, foram realizadas simulações do PMV sem sistemas de aquecimento ou arrefecimento. Analisando a Figura 40 referente a zona 05 pavimento 03, percebe-se que o PMV se encontra totalmente fora do intervalo buscado em janeiro, entretanto, em agosto o PMV encontra-se mais próximo do +0,5, pois corresponde a zona que há menos incidência de sol. Já a Figura 41, corresponde a uma zona em que há mais contato com o exterior, e por isso o PMV

no mês de agosto encontra-se com mais variação e em janeiro, da mesma forma que a zona anterior, se apresenta longe do PMV buscado. Desta forma, é possível notar que nas duas zonas o problema maior de desconforto é referente ao frio.

Figura 40 - PMV na zona 05 pavimento 03 sem climatização: a) em janeiro; b) em agosto.

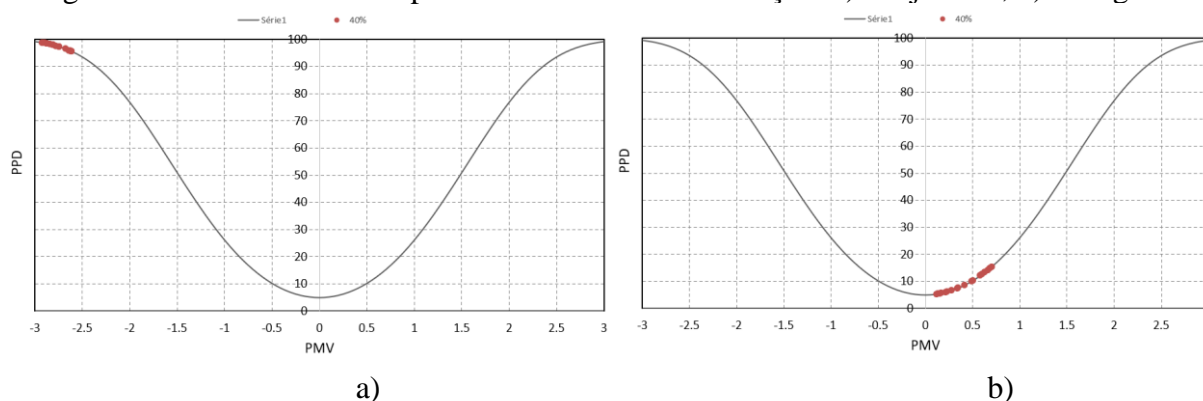
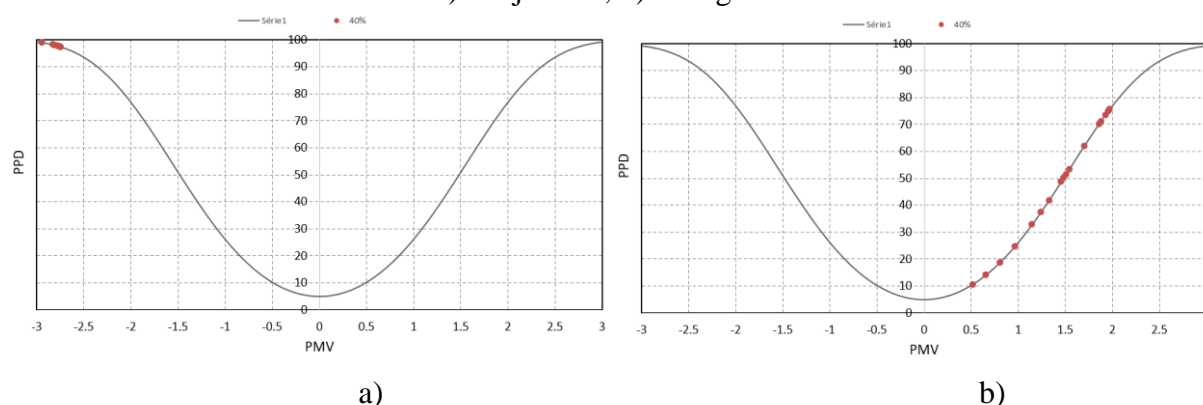


Figura 41 - PMV para zona 04 pavimento 04 em janeiro sem climatização: a) em janeiro; b) em agosto.



Os resultados mostram que sem climatização o PMV não atende ao intervalo requerido pela certificação, especialmente no período de inverno. Para procurar resolver essa questão, foi adotado um *Heating Set Point* de 20 °C, ou seja, quando o ambiente chega a menos de 20 °C um sistema de aquecimento impõe uma temperatura 20 °C, e um *Cooling Set Point* de 25 °C, que, do mesmo modo, quando a temperatura estivesse acima de 25 °C, o sistema de arrefecimento mantém-na em 25 °C. Nas simulações de janeiro (Figura 42 a) e

Figura 43 a), para as duas zonas, nota-se que o PMV ainda se encontra longe do intervalo proposto na certificação. No entanto, como está descrito nos próximos tópicos, é valorizado que o código de vestuário seja flexível e que o controlo térmico individual seja disponibilizado, o que pode contribuir para uma melhoria do PMV. Já as simulações de agosto (Figura 42 b) e

Figura 43 b)), que já se mostravam mais satisfatórias mesmo sem climatização, o PMV encontra-se praticamente sempre dentro dos limites impostos pela certificação.

Figura 42 - PMV para zona 05 pavimento 03 em a) janeiro com Heating Set Point de 20 °C e b) agosto com Cooling Set Point de 25°C .

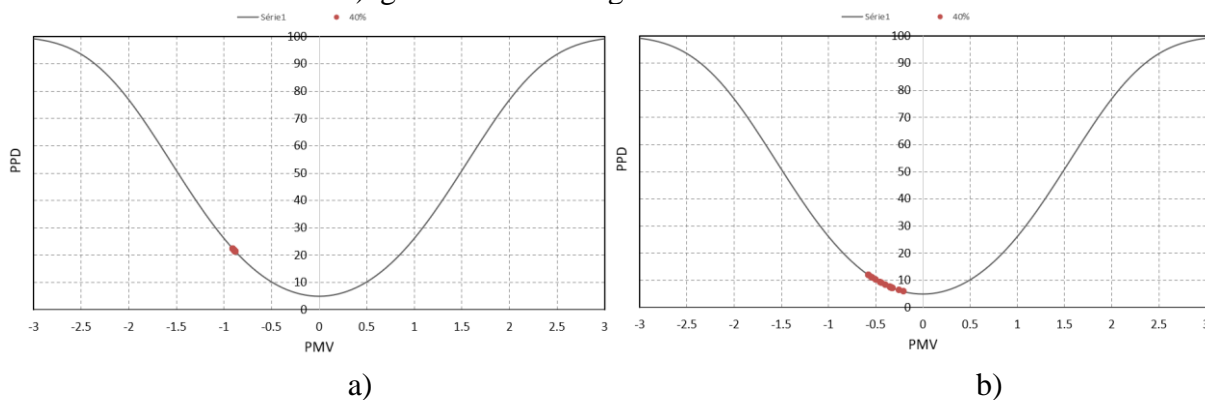
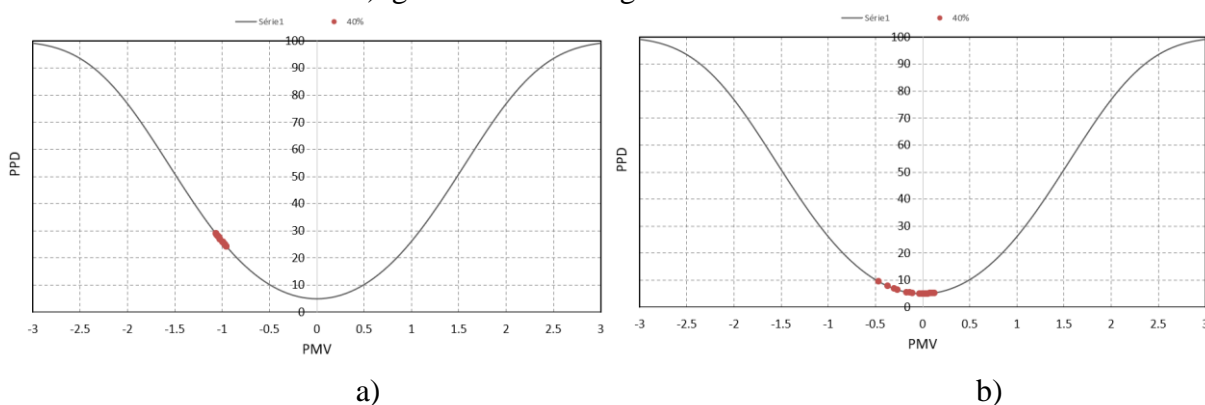
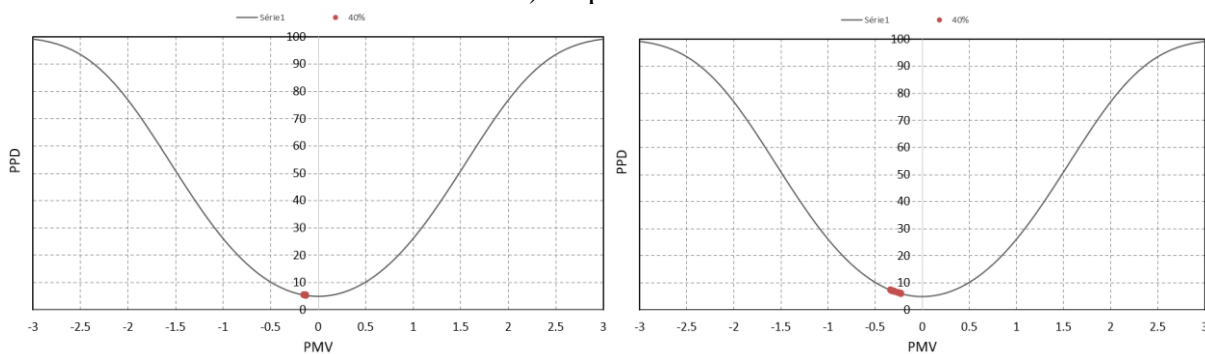


Figura 43 - PMV para zona 04 pavimento 04 em a) janeiro com Heating Set Point de 20 °C e b) agosto com Cooling Set Point de 25°C



Como as simulações para os meses de janeiro ficaram ainda fora do intervalo de -0,5 a +0,5, para efeitos comparativos, foram feitas novas análises utilizando um *Heating Set Point* de 23 °C. A Figura 44 mostram os resultados obtidos, que, neste caso, foram muito satisfatórios.

Figura 44 - PMV para janeiro com Heating Set Point de 23°C para as zonas a) 05 pavimento 03 e b) 04 pavimento 04.



Tendo em vista que o PMV foi atendido e que em algumas épocas do ano o conforto adaptativo funcionará para a parte 01 do recurso, e que a otimização T06 será atendida, então esse tópico considera-se verificado.

Embora para fins de simulação o tópico não apresente grandes dificuldades, na execução da obra e na operação do edifício podem ocorrer dificuldades. Por um lado, o edifício não conta com nenhum sistema de arrefecimento ou aquecimento, sendo necessária a instalação de equipamentos e correspondente infraestrutura técnica, o que pode ser complicado em contexto de reabilitação de edifícios históricos. Por outro lado, é necessário acautelar o impacto financeiro associado à operação e à manutenção destes sistemas ao longo da vida útil do edifício.

- **Considerações sobre economia de energia.**

Apenas para fins de comparação foram feitas simulações de necessidades anuais de energia para refrigeração e aquecimento do prédio todo. A Tabela 9 apresenta os resultados do consumo de energia para o prédio na situação em que se encontra atualmente e com isolamento. O consumo atual de energia para aquecer e arrefecer gira em torno de 70.363,96 kWh e caso fossem colocados isolamentos, o consumo cairia para 43.528,207 kWh, ou seja, uma redução de aproximadamente 40%, mostrando que apesar do conforto adaptativo não ter sofrido grande influência com o novo isolamento, para chegar nos valores ideais do PMV, o consumo de energia reduziu consideravelmente. Ou seja, mesmo que a primeira vista, a colocação de isolamento térmico pareça não ter grandes vantagens, ao fim de um ano a economia de energia será muito considerável, mostrando assim, ser uma ótima alternativa.

Tabela 9 - Energia consumida para aquecimento e arrefecimento do edifício.

Energia consumida/situação da edificação	Aquecimento (kWh)	Arrefecimento (kWh)	Total (kWh)
Situação atual do edifício	57.722,05	12.641,91	70.363,96
Edifício com isolamento	33.605,41	9.922,797	43.528,207

### 6.1.2 Verificação do recurso T02 – Conforto Térmico Verificado

Como o conforto térmico verificado é um tópico da certificação que só pode ser analisado após seis meses de ocupação, esse tópico será dado como validado com resultado para 90% dos ocupantes regulares, atribuindo 3 pontos à certificação. Para uma possível averiguação pós ocupação, encontra-se no Anexo C e D um modelo de questionário para os ocupantes, baseado no modelo do apêndice T1 da Certificação WELL.

A verificação de satisfação dos usuários pode ser feita com base na percentagem de ocupantes satisfeitos por ocupantes entrevistados. Salienta-se que essa pesquisa pode ser feita de outras maneiras e analisada de diversas formas.

### **6.1.3 Verificação do recurso T03 – Zoneamento Térmico**

Os termostatos são dispositivos projetados para controlar a temperatura em um ambiente, seja para aquecimento ou arrefecimento, utilizados para manter a temperatura no nível desejado. Sua função básica é detectar a temperatura atual e ajustá-la ou mantê-la, conforme necessário. Há uma variedade imensa de tipos de termostatos no mercado, sendo assim fácil de incluir estes dispositivos no edifício estudado. Todavia, é importante salientar que a colocação de termostato deve ser precedida de uma verificação das instalações elétricas do edifício. No entanto, face à relativa simplicidade do processo, este tópico será considerado como verificado, com a correspondente pontuação de 2 pontos.

### **6.1.4 Verificação do recurso T04 – Controlo Térmico Individual**

A verificação de controlo térmico individual é aplicada somente a edifícios comerciais. Assim, esta verificação foi realizada apenas no pavimento 01 da “Casa dos Balcões”, em que está inserida uma loja de roupas. Em entrevista nesta loja, constatou-se que há apenas um funcionário, o que facilitaria no ajuste do controlo térmico individual. Este recurso depende diretamente das políticas da empresa e, como são mudanças que contam com várias opções e que não há grande dificuldade em executá-las, considera-se uma pontuação de 3 pontos.

### **6.1.5 Verificação do recurso T05 – Conforto Térmico Radiante**

Os pisos radiantes vêm ganhando força nas construções atuais por proporcionar mais conforto térmico. Eles consistem em um sistema com tubos de água ou cabos elétricos colocados sob o piso de um pavimento, que tem como objetivo aquecer ou arrefecer o ambiente de forma eficiente e uniforme. Entretanto, em um edifício antigo pode haver dificuldades na sua colocação, devido às instalações elétricas que podem estar deterioradas, ou o material do piso que pode não suportar as mudanças de temperatura, e talvez seja necessária uma mudança da estrutura do contrapiso para a colocação do piso radiante, o que pode condicionar o valor patrimonial de alguns edifícios.

De acordo com a inspeção realizada no âmbito do projeto “Viseu Património”, o material do piso e vigas é madeira. Desta forma, seria necessário refazer a estrutura com um piso mais reforçado para suportar o piso radiante. Embora haja soluções comerciais de piso radiante que referem a possibilidade de instalação em base de madeira, a maioria das marcas afirma que o contrapiso deve ser cimentício.

Ao analisar a estrutura da edificação pelo lado exterior, é possível verificar alguns problemas aparentemente estruturais e de suporte, como mostra a Figura 45, há até alguns rebaixamentos visíveis das vigas e provavelmente da laje. Ou seja, para este edifício, uma mudança completa das lajes provavelmente não seria possível, então este tópico não será considerado com pontuação real ou fictícia.

Figura 45 - Imagem frontal apresentando uma deformação visível de uma viga na “Casa dos Balcões”.



Como o recurso T05 afirma que além do piso radiante pode se colocar paredes radiantes, essa possibilidade foi averiguada, entretanto, como as paredes em contato com o meio externo receberão isolamento térmico, e as divisórias internas são feitas de madeira, essa possibilidade foi também descartada.

### 6.1.6 Verificação do recurso T06 – Monitoramento do Conforto Térmico

O monitoramento de conforto térmico pode ser feito colocando telas que mostrem a temperatura do bulbo seco e umidade relativa, e os dados devem ser enviados para a plataforma WELL. Para comprovar que isso está sendo feito, devem ser encaminhadas fotos que comprovem a existência de tais telas e deve existir uma carta de fiabilidade do engenheiro responsável,

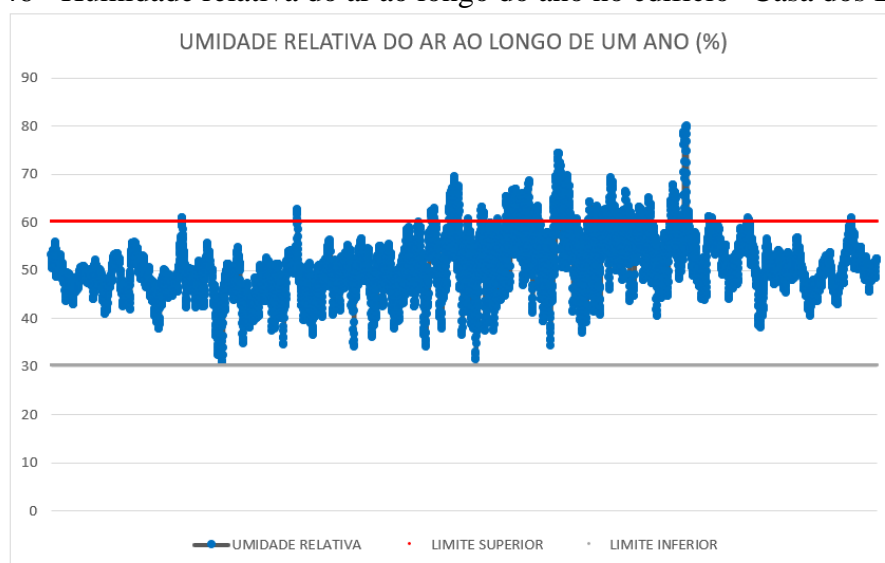
segundo o modelo que está apresentado no Anexo G. Atualmente, existem no mercado vários sensores que foram projetados a fim de atender as demandas WELL. Esses sensores são ligados à eletricidade e controlados via Wi-Fi. Os equipamentos devem ser instalados em locais em que não haja grandes correntes de ar, luz solar direta ou em contato com alguma fonte de calor.

Segundo especialistas na Certificação WELL a maior dificuldade do recurso é manter o controle de tais telas, devido ao fato que sua manutenção e armazenamento de dados pode ser difícil e trabalhoso para pessoas leigas. Assim, deve-se manter uma regularidade na inspeção e envio dos dados para a plataforma WELL. Apesar das dificuldades descritas, a realização deste tópico é relativamente simples, garantindo uma pontuação fictícia de 1 ponto.

### 6.1.7 Verificação do recurso T07 – Controle de Humidade

Para a verificação da humidade relativa do ar, fez-se um gráfico com dados coletados no *EnergyPlus* sobre a humidade relativa em toda a edificação ao longo de um ano. Mostra-se ainda na Figura 46 o limite superior de 60% e o limite inferior 30%.

Figura 46 - Humidade relativa do ar ao longo do ano no edifício "Casa dos Balcões"



Em nenhum momento do ano a humidade relativa ficou abaixo dos 30%, e em apenas 7,88% do tempo ficou acima de 60%, levando em consideração que os momentos em que a humidade se encontrava acima do limite eram em horários noturnos de maior frio, e que existe a possibilidade de usar aquecimento nas residências, não há necessidade da colocação de um equipamento de desumidificação que pode ser caro ou comprometer a estrutura do edifício com seu peso. Adicionalmente, esta simulação não leva em conta o efeito higroscópico dos materiais, que funcionam como um controlo dos picos de humidade. Assim, espera-se que a flutuação real da humidade relativa seja ainda menor.

No caso do ambiente comercial, presume-se que em todo o ano a carga horária diária de trabalho seja de oito horas por dia e seis dias na semana. Nesse cenário, a humidade relativa acima de

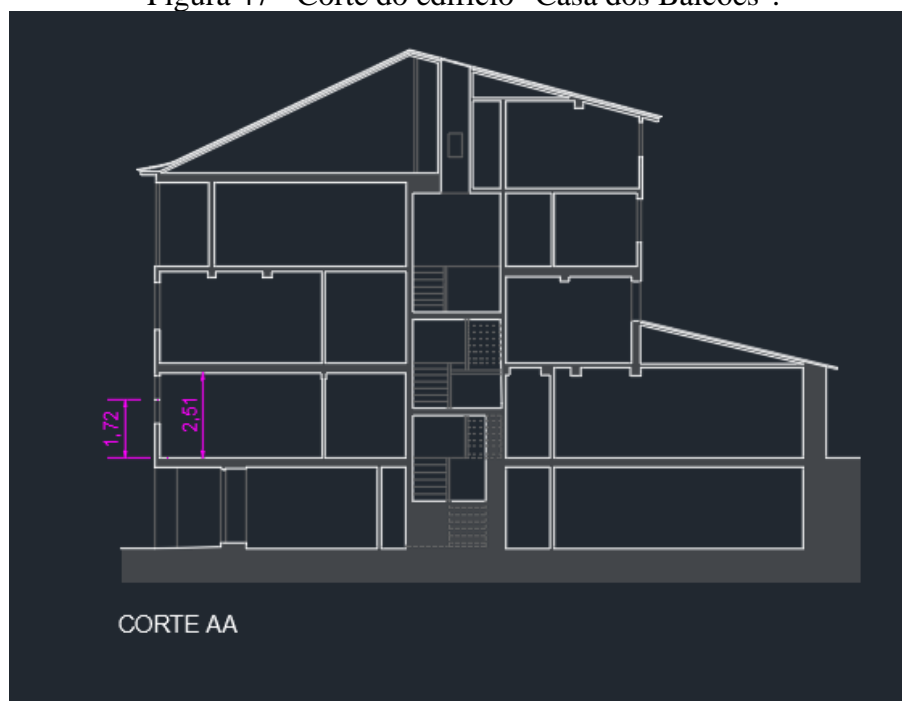
60% seria apenas de 0,70% do tempo, ou seja, 99,3% do tempo a humidade estaria dentro dos limites aceitáveis, como pede a opção 2 do recurso. Assim, considera-se verificado o recurso, garantindo a pontuação fictícia de 1 ponto.

### 6.1.8 Verificação do recurso T08 – $\beta$ Janelas operáveis aprimoradas

Na maioria dos casos, para que este recurso seja viabilizado, é necessária uma alteração direta na arquitetura do edifício, seja ele já existente ou em projeto. Isso ocorre devido à primeira parte do recurso, que estabelece que, em caso de aquecimento, a abertura de 30% das janelas deve estar localizada a 1,80 m do piso acabado. Essa especificação não é comum na arquitetura convencional de edifícios.

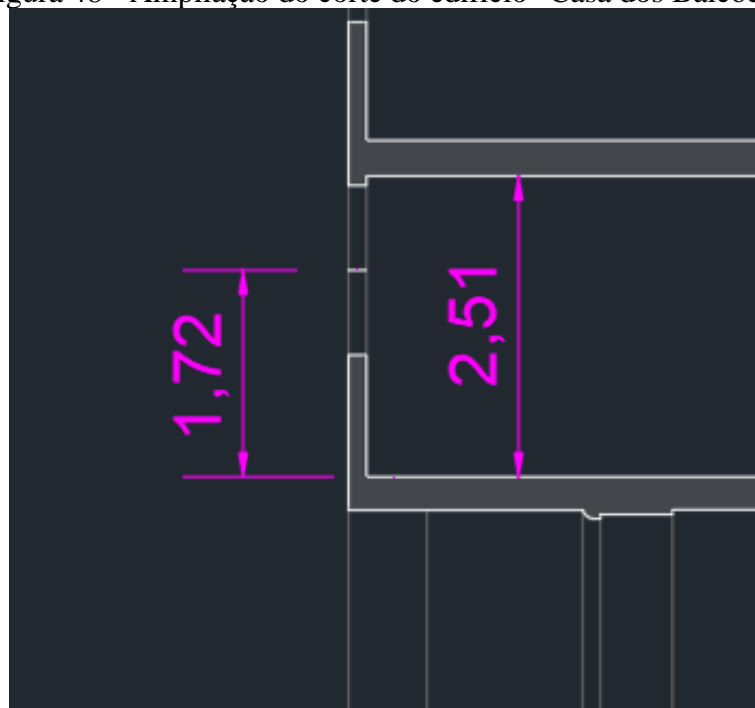
No caso da "Casa dos Balcões" as janelas apresentam uma padronização em quase todo o edifício, com tamanho de 1,40 m de altura e 1,00 m de largura. O tipo da janela é a chamada "guilhotina" que conta com abertura para cima até o meio da janela. Assim, por meio da análise das peças desenhadas do edifício, foi possível realizar medições, verificando-se na Figura 47 e na Figura 48 que a abertura da janela provavelmente acaba em 1,72 m, o que não atenderia a letra b da parte 01. Assim, esse recurso não é verificado na pontuação real e na pontuação fictícia.

Figura 47 - Corte do edifício "Casa dos Balcões".



Fonte: AutoCAD, 2023.

Figura 48 - Ampliação do corte do edifício "Casa dos Balcões".



Fonte: AutoCAD, 2023.

### 6.1.9 Verificação do recurso T09 – $\beta$ Conforto Térmico Externo

Esse recurso é, em potencial, o mais difícil de ser atingido numa reabilitação, pois embora algumas mudanças estruturais e arquitetônicas possam ser difíceis de fazer, elas ainda podem ser feitas. No entanto, mudar o entorno da edificação é praticamente impossível, uma vez que na maioria dos locais existem outras construções próximas e até mesmo encostadas, quando se trata de centros históricos e cidades antigas.

Neste caso, o prédio não conta com nenhuma área ao ar livre, então o tópico não é passível de pontuação.

## 6.2 Discussões Gerais

Os resultados se mostraram satisfatórios dentro do possível com os materiais e recursos disponibilizados. Uma das maiores dificuldades numa reabilitação está na questão estrutural e arquitetônica do edifício, que muitas vezes não conta com projetos que possam ser analisados para possíveis mudanças, implicando assim na necessidade de reforços estruturais para colocação de sistemas como os pisos radiantes e de umidificação ou refrigeração com requerem instalações com alguma complexidade. As instalações elétricas também podem precisar de revisão para implementação de equipamentos adicionais. Deve-se ter atenção e cuidado no

momento da execução com o conjunto hidrossanitário do edifício, que dificilmente conta com um esquema mostrando todos os pontos e dutos.

Todavia, o principal obstáculo é a envolvente da edificação, onde na maioria dos casos, como é a situação da Casa dos Balcões, é impossível alterar o ambiente ao redor devido à presença de outras edificações já consolidadas.

A Tabela 10 apresenta os pontos reais obtido e os fictícios. Para a maioria dos pontos seria necessário a disponibilidade do projeto arquitetônico e estrutural, ensaios in loco, e ensaios posteriores para verificações e monitoramentos. Assim, a maior pontuação ficou fictícia, mas com um resultado positivo, dado que de 16 pontos, 11 foram alcançados, provando que com algumas alterações na certificação WELL, seria possível adequá-la a edifícios em processo de reabilitação.

Tabela 10 - Pontuação real e fictícia para conforto térmico.

TÓPICO DA CERTIFICAÇÃO		PONTUAÇÃO	PONTUAÇÃO OBTIDA	
			REAL	FICTÍCIA
CONFORTO TÉRMICO	T01 - DESEMPENHO TÉRMICO	OBRIGATÓRIO	VERIFICADO	VERIFICADO
	T02 - CONOFRTO TÉRMICO VERIFICADO	3 PONTOS	0 PONTOS	3 PONTOS
	T03 - ZONEAMENTO TÉRMICO	2 PONTOS	0 PONTOS	2 PONTOS
	T04 - CONTROLO TÉRMICO INDIVIDUAL	3 PONTOS	0 PONTOS	3 PONTOS
	T05 - CONFORTO TÉRMICO RADIANTE	2 PONTOS	0 PONTOS	0 PONTOS
	T06 - MONITORAMENTO DE CONFORTO TÉRMICO	1 PONTO	0 PONTOS	1 PONTO
	T07 - CONTROLO DE HUMIDADE	1 PONTO	0 PONTOS	1 PONTO
	T08 - JANELAS OPERÁVEIS APRIMORADAS	1 PONTO	0 PONTOS	0 PONTOS
	T09 - CONFORTO TÉRMICO EXTERNO	3 PONTOS	0 PONTOS	0 PONTOS
TOTAL		16 PONTOS	0 PONTOS	11 PONTOS

## 7. Conclusões

### 7.1 Conclusões

A reabilitação de edifícios antigos vem se tornando cada vez mais importante no âmbito econômico, social e sustentável, e é indispensável que sua prática seja continuamente aprimorada, buscando levar em consideração não só os itens citados acima, mas também o conforto dos seus ocupantes.

Um recurso comum para avaliar o desempenho de edificações são as certificações. No caso de reabilitação, a certificação pode ser uma ferramenta muito interessante visto que os materiais e estilos de residência antigamente variam muito para as construções atuais. No entanto, esse é um instrumento pouco utilizado e até pode se dizer escasso, pois embora a sociedade esteja se conscientizando no quesito da sustentabilidade, ela ainda é mais aplicada a edifícios novos, principalmente quando se trata de avaliar o conforto térmico, que é um tema recente.

Em países onde há grande número de construções antigas e um clima exigente, uma certificação compatível e adequada à reabilitação de edifícios pensando nas pessoas torna-se particularmente interessante. Visto que não há nenhuma certificação com esse fim específico, o intuito deste trabalho foi mostrar as adversidades e potencialidades de aplicar uma certificação pensada para edifícios novos em um edifício reabilitado.

Como todas as simulações foram feitas com base em dados coletados, que são pouco precisos e não houve uma vistoria no local com medições e verificações do estado das instalações elétricas e hidrossanitárias, e da estrutura geral, e como também não foi realizada efetivamente uma obra, enfatizando que o objetivo do estudo é fornecer um panorama geral de como seria aplicar uma certificação em um edifício antigo, não foram detectadas muitas dificuldades na elaboração do estudo. Porém, é de conhecimento geral que no momento da execução de uma reabilitação encontram-se muitos obstáculos, pela estrutura antiga, arquitetura que deve ser

preservada e instalações obsoletas. A maior diferença que se pode encontrar em uma certificação aplicável em uma obra nova e em uma antiga, são os estudos prévios que devem ser feitos no local, atestando que a construção é apta ou não para receber melhorias, ou as modificações que devem ser feitas.

O recurso analisado foi o conforto térmico, que atualmente em Portugal é bastante discutido quando se trata de reabilitação de edifícios. Como há maneiras de potenciar e melhorar as condições de conforto térmico sem grandes alterações na estrutura, o tópico pode ser verificado na sua maioria, apesar das dificuldades em ter êxito apenas por meio de alterações na envolvente, a flexibilidade de roupas, e opção de existir espaços mecanicamente condicionados garante que o PMV fique entre -0,5 e 0,5. Embora, há obstáculos que só serão encontradas no momento da construção, pois alterar ou adicionar materiais na envolvente para simulações não exige muito esforço, entretanto, encaixar tais materiais na arquitetura da residência pode ser uma tarefa mais exigente, e isso deve ser levado em conta em uma certificação para reabilitação, que no caso de novos edifícios não se faz necessário.

A colocação de monitoramentos e controlo térmico pessoal também não exige mudanças na arquitetura, sendo assim de fácil execução, mas, como o edifício é antigo, deve ser feito um estudo da fiação elétrica do mesmo, pois pode apresentar problemas no momento da execução, diferentemente de construções novas em que a rede elétrica será construída com o intuito de suportar o que a certificação exige, deste modo ao pensar na elaboração de uma certificação para reabilitação, um tópico a ser adicionado seria a verificação de todas suas instalações.

De acordo com o exposto, os resultados obtidos se mostraram satisfatórios, apontando que em sua maioria os tópicos podem ser verificados desde que contem com avaliação estrutural prévia, manutenção das instalações elétricas e hidrossanitárias. No entanto, o ideal é que a certificação sofra algumas alterações, como por exemplo a obrigatoriedade de fazer as inspeções citadas acima, e tópicos que permitam maior flexibilidade no que leva em consideração o ambiente da envolvente e a preocupação com a preservação da arquitetura original. Assim, conclui-se que a certificação conta com grande potencial no âmbito da reabilitação de edifícios que devem ser preservados, desde que sejam feitas algumas adaptações.

## **7.2 Sugestões de trabalhos futuros**

Os resultados obtidos ao aplicar a certificação WELL em uma reabilitação se mostraram promissores, apesar de algumas dificuldades. Entretanto, ao contrário do conforto térmico que já é algo tratado em reabilitações, os outros dez tópicos (Ar, Água, Nutrição, Luz, Movimento, Som, Materiais, Mente, Comunidade e Inovação) da certificação não são. Assim, a principal sugestão para futuros trabalhos é aplicar o restante da certificação no próprio edifício “Casa dos Balcões” ou em outros semelhantes. Por fim, sugere-se a criação de uma nova proposta de certificação ou de alteração da certificação existente voltada para o conforto em processos de reabilitação.

## REFERÊNCIAS

- Abreu, Maria Isabel, Oliveira, Rui & Lopes, Jorge (2012) .*O Contexto Atual da Reabilitação Energética do Parque Edificado Em Portugal*. [Congresso Construção]. Bragança, Portugal.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (2013). *ASHRAE 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta, Estados Unidos.
- Barbault, Robert (2011). *Ecologia geral: estrutura e funcionamento da biosfera*. Editora Vozes. Rio de Janeiro, Brasil.
- B Corp (2023). *B Avaliação de Impacto*. Estados Unidos. [https://www.bcorporation.net/en-us/programs-and-tools/b-impact-assessment?\\_ga=2.77718236.934257047.1679942822-1369171100.1679942822](https://www.bcorporation.net/en-us/programs-and-tools/b-impact-assessment?_ga=2.77718236.934257047.1679942822-1369171100.1679942822).
- Brundtland, Gro Harlem (1987). *Nosso Futuro Comum*. Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Genebra, Suíça.
- Câmara Municipal de Viseu (2017). *Viseu Património*. Viseu, Portugal. <https://www.viseupatrimonio.com>.
- Câmara Municipal de Viseu (2023). *Plano Diretor do Município de Viseu*. Viseu, Portugal.
- Carta De Cracóvia (2000). *Princípios Para a Conservação e o Restauro do Património Construído*. Cracóvia, Polónia.
- Carvalho, Maria Beatriz Maury de, & Blumenschein, Raquel Naves. (2012). *Produção de cimento:: Impactos à saúde e ao meio ambiente*. [Artigo para a revista Sustentabilidade em Debate] Curso de Doutorado da Universidade de Brasília. Brasília, Brasil.
- Chen, Jianguo, Yangyue Su, Hongyun Si, & Jindao Chen. (2018). *Managerial Areas of Construction and Demolition Waste: A Scientometric Review*. [Artigo para o International Journal of Environmental Research and Public Health]. Escola de Economia e Gestão, Universidade Tongji. Xangai, China
- Choay, Françoise. (2001). *A Alegoria do Património*. Paris, França.
- Cóias, Vítor. (2004). *Reabilitação: a melhor via para a construção sustentável*. [Business Council for Sustainable Development (BCSD) Portugal] Lisboa, Portugal.
- Frota, Anesia Barros (2016). *Manual de conforto térmico*. Studio Nobel.
- Curado, António José Candeias (2014). *Conforto Térmico e Eficiência Energética nos Edifícios de Habitação Social Reabilitados*. [Tese de doutoramento em Engenharia Civil para a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto]. Universidade do Porto. Porto, Portugal.

- Fernandes, Steven Ferreira (2016). *Projeto de Reabilitação Térmica de um Edifício Antigo em Viseu*. [Tese de Mestrado para a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto]. Universidade do Porto. Porto, Portugal.
- Grammont, Anna María De (2006). *A construção do conceito de Património histórico: restauração e cartas patrimoniais*. [Artigo para a PASOS Revista de turismo y patrimonio cultural].
- Grupo BRE (2022). *BREEAM - Método de Avaliação Ambiental do Building Research Establishment*.- Inglaterra <https://bregroup.com/products/breem/>.
- International WELL Building Institute (2023). *WELL Building Standard*. Estados Unidos.<https://v2.wellcertified.com/en/wellv2/overview>.
- International Organization for Standardization (2005). *ISO 7730: Ergonomics of the thermal environment*. Genebra, Suíça.
- Kühl, Beatriz Mugayar (2010). *Notas sobre a Carta de Veneza*. [Anais do Museu Paulista: História e Cultura Material] Universidade de São Paulo. Sao Paulo, Brasil.
- Lopes, Tânia Filipa da Costa Torres (2010). *Reabilitação sustentável de edifícios de habitação*. [Tese de Mestrado em Engenharia Civil para a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa]. Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, Portugal.
- Michalak, Jacek (2021). *External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) from Industry and Academia Perspective*. [Artigo para a Revista Sustainability]. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento, Atlas. Lodz, Polónia
- Oliveira, Rui Alexandre Figueiredo de (2012). *Metodologia de Gestão de Obras de Reabilitação em Centros Urbanos Históricos*. [Tese de Doutoramento em Engenharia Civil para a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto]. Universidade do Porto. Porto, Portugal
- Organização das Nações Unidas (2017). *17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)*. Genebra, Suíça.
- Organização das Nações Unidas (2022). *Ferramentas e Referências • ODS - BCSD Portugal*. Genebra, Suíça.
- Resende, Fernando (2007). *Poluição atmosférica por emissão de material particulado: avaliação e controlo nos canteiros de obras de edifícios*. [Tese de Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana para a Universidade de São Paulo] Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil..
- Ribeiro, F., Oliveira, S., Reis, M., Silva, C., Menezes, M., Dias, Ana., Moreira, J., & Kuryiama, G. (2002). *Processo de trabalho e riscos para a saúde dos trabalhadores em uma indústria de cimento*. [Artigo para a Revista Scielo]. Rio de Janeiro, Brasil.

- Roth, Caroline das Graças, & Garcias, Carlos Mello (2009). *Construção Civil e a Degradação Ambiental*. [Artigo para a Revista Desenvolvimento em Questão]. São Paulo, Brasil.
- Silva, Givaldo Barbosa da (2014). *As certificações como instrumento ético de sustentabilidade ambiental em edificações da construção civil*. [Tese de Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente para a Universidade Federal de Sergipe]. Universidade Federal de Sergipe. Sergipe, Brasil. <http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/4329>.
- Soares, Mónica Alexandra (2018). *Avaliação de Estratégias de Reabilitação de Edifícios com Interesse Patrimonial*. [Tese de Mestrado em Engenharia de Construção e Reabilitação para o Instituto Politécnico de Viseu]. Instituto Politécnico de Viseu. Viseu, Portugal.
- United Nations Conference on Environment & Development (1992). *Agenda 21*. Eco-92. Rio de Janeiro, Brasil.
- U.S. Department of Energy (2023). *Engineering Reference: EnergyPlus™ Version 22.1.0 Documentation*. California, Estados Unidos.
- US Green Building Council (2023). *LEED - Leadership in Energy and Environmental Design*. Estados Unidos.
- Vieira, Luciane Alves, & Barros Filho, Mauro Normando (2010). *A emergência do conceito de Arquitetura Sustentável e os métodos de avaliação do desempenho ambiental de edificações*. [Artigo para a Revista HUM@NAE]. Recife, Brasil.

## ANEXO A – PONTUAÇÃO DETALHADA WELL

AR	A01 – Qualidade do ar	P
	A02 – Ambiente livre de fumo	P
	A03 – Projeto de ventilação	P
	A04 – Gestão da poluição na construção	P
	A05 – Melhoria da qualidade do ar	4 pontos
	A06 – Projeto de ventilação aprimorada	3 pontos
	A07 – Janelas operáveis	2 pontos
	A08 – Monitoramento e conscientização da qualidade do ar	2 pontos
	A09 – Gestão de infiltração de poluição	2 pontos
	A10 – Minimização da combustão	1 ponto
	A11 – Separação das fontes	1 ponto
	A12 – Filtragem de ar	1 ponto
	A13 – Fornecimento de ar aprimorado	1 ponto
	A14 – Controlo de micróbios e mofo	1 ponto
ÁGUA	W01 – Indicadores da qualidade da água	P
	W02 – Qualidade da água potável	P
	W03 – Gestão básica da água	P
	W04 – Melhoria da qualidade da água	1 ponto
	W05 – Gestão da qualidade da água potável	3 pontos
	W06 – Promoção de água potável	1 ponto
	W07 – Gerenciamento de humidade	3 pontos
	W08 – Suporte de higiene	4 pontos
	W09 – Reutilização de água não potável no local	2 pontos
NUTRIÇÃO	N01 – Frutas e legumes	P
	N02 – Transparência nutricional	P
	N03 – Ingredientes refinados	2 pontos
	N04 – Publicidade alimentar	1 ponto
	N05 – Ingredientes artificiais	1 ponto
	N06 – Tamanho das porções	1 ponto
	N07 – Educação nutricional	1 ponto
	N08 – Alimentação consciente	2 pontos
	N09 – Dietas especiais	2 pontos
	N10 – Preparação de alimentos	1 ponto
	N11 – Fornecimento responsável de alimentos	1 ponto
	N12 – Produção de alimentos	2 pontos
	N13 – Ambiente alimentar local	1 ponto
	N14 – Carne vermelha e processados	1 ponto
	L01 – Exposição a luz	P
	L02 – Projeto de iluminação visual	P
	L03 – Projeto de iluminação circadiana	3 pontos

ANEXO A

LUZ	L04 – Controlo de reflexo de luz elétrica	2 pontos
	L05 – Estratégias de projeto de luz do dia	4 pontos
	L06 – Simulação de luz do dia	2 pontos
	L07 – Equilíbrio visual	1 ponto
	L08 – Qualidade da luz elétrica	3 pontos
	L09 – Controlo de iluminação ocupante	3 pontos
MOVIMENTO	V01 – Edifícios e comunidades ativas	P
	V02 – Design ergonômico da estação de trabalho	P
	V03 – Rede de circulação	3 pontos
	V04 – Instalações para ocupantes ativos	3 pontos
	V05 – Planejamento e seleção do local	4 pontos
	V06 – Oportunidades de atividade física	2 pontos
	V07 – Móveis ativos	2 pontos
	V08 – Espaços e equipamentos para atividade física	2 pontos
	V09 – Promoção de atividade física	1 ponto
	V10 – Automonitoramento	1 ponto
	V11 – Programação de Ergonomia	3 pontos
CONFORTO TÉRMICO	T01 – Desempenho térmico	P
	T02 – Conforto térmico verificado	3 pontos
	T03 – Zoneamento Térmico	2 pontos
	T04 – Controlo Térmico Individual	3 pontos
	T05 – Conforto térmico radiante	2 pontos
	T06 – Monitoramento de conforto térmico	1 ponto
	T07 – Controlo de humidade	1 ponto
	T08 – Janelas operáveis aprimoradas	1 ponto
	T09 – Conforto Térmico Externo	3 pontos
SOM	S01 – Mapeamento de som	P
	S02 – Níveis máximos de ruído	3 pontos
	S03 – Barreiras de Som	3 pontos
	S04 – Tempo de reverberação	2 pontos
	S05 – Superfícies redutoras de som	2 pontos
	S06 – Som de fundo mínimo	2 pontos
	S07 – Gestão de ruído de impacto	3 pontos
	S08 – Dispositivos de áudio aprimorados	2 pontos
	S09 – Conservação da saúde auditiva	2 pontos
MATERIAIS	X01 – Restrições de materiais	P
	X02 – Gerenciamento de materiais perigosos internos	P
	X03 – CCA e gerenciamento de leads	P
	X04 – Correção do local	1 ponto
	X05 – Restrições de material aprimoradas	2 pontos
	X06 – Restrições VOC	4 pontos
	X07 – Transparência dos materiais	3 pontos
	X08 – Otimização de materiais	2 pontos

ANEXO A

	X09 – Gestão de resíduos	1 ponto
	X10 – Manejo de pragas e uso de pesticidas	1 ponto
	X11 – Produtos e protocolos de limpeza	2 pontos
	X12 – Redução de contato	2 pontos
MENTE	M01 – Promoção da saúde mental	P
	M02 – Natureza e lugar	P
	M03 – Serviços de saúde mental	4 pontos
	M04 – Educação em saúde mental	2 pontos
	M05 – Gerenciamento de estresse	2 pontos
	M06 – Oportunidades restaurativas	2 pontos
	M07 – Espaços restauradores	2 pontos
	M08 – Programação restaurativa	1 ponto
	M09 – Acesso melhorado à natureza	2 pontos
	M10 – Cessação do tabaco	3 pontos
	M11 – Serviços de uso de substâncias	2 pontos
COMUNIDADE	C01 – Promoção da saúde e bem-estar	P
	C02 – Design integrativo	P
	C03 – Preparação para emergências	P
	C04 – Pesquisa de ocupantes	P
	C05 – Pesquisa aprimorada de ocupantes	4 pontos
	C06 – Serviços e benefícios de saúde	5 pontos
	C07 – Melhoria da promoção de saúde e bem-estar	2 pontos
	C08 – Apoio aos novos pais	3 pontos
	C09 – Apoio à nova mãe	3 pontos
	C10 – Apoio familiar	3 pontos
	C11 – Engajamento cívico	2 pontos
	C12 – Diversidade e inclusão	3 pontos
	C13 – Acessibilidade e desenho universal	2 pontos
	C14 – Recursos de emergência	2 pontos
	C15 – Resiliência e recuperação de emergência	4 pontos
	C16 – Capital habitacional	2 pontos
	C17 – Práticas trabalhistas responsáveis	3 pontos
	C18 – Apoio a vítimas de violência doméstica	2 pontos
	C19 – Educação e apoio	1 ponto
	C20 – Reconhecimento histórico	1 ponto
INOVAÇÃO	I01 – Inovar WELL	10 pontos
	I02 – Profissional credenciado WELL (WELL AP)	1 ponto
	I03 – Certificação Experience WELL	1 ponto
	I04 – Portais para o bem-estar	1 ponto
	I05 – Sistemas de classificação de edifícios verdes	5 pontos
	I06 – Divulgação e redução de carbono	10 pontos

## ANEXO B – T01.1

Engineer's Letter of Assurance : T01.1

**Instructions**

WELL Certification is determined by onsite Performance Verification and documentation, including Letters of Assurance from the appropriate professionals overseeing the implementation of a specific WELL feature and component parts during design, construction or operations. The template should be completed, signed and submitted as part of the documentation package.

1. Place a checkmark at every part completed and leave blank those that are not being pursued or being completed by another team member.
2. Initial every feature completed and leave blank those that are not being pursued or being completed by another team member.
3. Sign and date at the bottom of this letter.

If an individual other than the Engineer is responsible for any of the requirements contained in this Letter of Assurance, he/she is permitted to sign off on the respective requirements but must complete a separate Letter of Assurance for those specific requirements. This individual should submit a different copy of this form and check the boxes as it pertains to his/her own responsibility. On his/her own Letter of Assurance form(s), this individual should sign and complete the final page and include a description of his/her role on the project next to his/her signature.

The scope of this letter of assurance is as follows (please initial):

<p><b>Intent stage (for Precertification only)</b></p> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></p> <p>The information contained in this document is accurate as of current designs and anticipated project operations.</p>	<p><b>Implementation stage (for Precertification or WELL Certification)</b></p> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></p> <p>This document is prepared in relation to final construction documents and/or implemented operations and policies.</p>
--	--

Check	Thermal Comfort	Initials
	T01.1 Thermal Performance	<input type="checkbox"/>

This project is designed to meet the parts selected below:

**Part 1: Provide Acceptable Thermal Environment**

*For All Spaces except Commercial Kitchen Spaces:*

*Performance verified environmental conditions*

The following requirements are met, as applicable:

a. Mechanically conditioned regularly occupied spaces maintain thermal comfort conditions of PMV +/- 0.5 for at least 90% of regularly occupied spaces.<sup>13</sup>

b. Naturally conditioned regularly occupied spaces meet all the following conditions:<sup>12</sup>

	Prevailing Mean Outdoor Temperature, $t_{pma(out)}$	Indoor Operative Temperature	Notes
Minimum	50 °F	$t_{pma(out)} \times 0.31 + 47.9$ °F	N/A
Maximum	92 °F	$t_{pma(out)} \times 0.31 + 60.5$ °F	Occupant-controlled elevated air speed may be used to increase this maximum per ASHRAE 55

c. Mixed-mode-conditioned spaces meet the requirements for both mechanically and naturally conditioned spaces, when each is in operation

By signing below, I represent that, to the best of my knowledge, all of the responses provided on this form are accurate and made in good faith.

Printed Name: \_\_\_\_\_ Signature: \_\_\_\_\_

If the individual using this form is not in the role of Engineer, provide a description of the individual's project role, including justification of their ability to sign off on the above requirements, here:

Project Role: \_\_\_\_\_

Explanation: \_\_\_\_\_

## ANEXO C – T02.1

1. Por favor, avalie o seu nível de satisfação com o ambiente térmico deste espaço:

- Muito Insatisfeito
- Insatisfeito
- Um pouco insatisfeito
- Neutro
- Um pouco satisfeito
- Satisfeito
- Muito Satisfeito

2. Você prefere que esta área seja:

- Resfriador
- Um pouco mais frio
- Nenhuma alteração necessária
- Um pouco mais quente
- Mais quente

Se a sua resposta à Pergunta 1 contiver a palavra “Insatisfeito”, responda às duas perguntas a seguir:

3. Como você geralmente percebe o ambiente térmico nesta área:

- Frio
- Legal
- Ligeiramente Frio
- Neutro
- Ligeiramente Quente

## ANEXO C

Quente

Muito Quente

4. Marque a fonte (ou fontes) potencial de seu desconforto térmico:

Temperatura inapropriada do ponto de ajuste do termostato ambiente

Temperatura do ponto de ajuste do termostato sendo ajustada pelos ocupantes

Variações diárias na temperatura ambiente (como temperatura mais alta à tarde)

Variações ocasionais na temperatura ambiente (como estar ocasionalmente quente ou frio)

Partes da sala muito quentes

Partes da sala muito frias

O nível de humidade está muito alto

Ar seco

O movimento do ar é muito alto

O movimento do ar é muito baixo

Ar quente/frio vindo das janelas

Paredes quentes/frias

Radiação solar

Desconforto térmico local (parte/partes do corpo frias ou quentes)

Calor de equipamentos e aparelhos

Código de vestimenta rígido

Superfícies de móveis quentes/frias

Móveis que causam desconforto térmico quente/frio ou suor

Outros

## ANEXO D – T02.1

1. Por favor, avalie o nível de conforto térmico na sala:						
Considerado insatisfeito			Considerado satisfeito			
Muito insatisfeito	Insatisfeito	Pouco insatisfeito	Neutro	Ligeiramente satisfeito	Satisfeito	Muito satisfeito
2. Você prefere que essa área seja						
Resfriada	Ligeiramente mais fresca		Sem alteração	Ligeiramente mais quente		Mais quente
3. Como você geralmente percebe o ambiente térmico nesta área:						
Muito frio	Frio	Ligeiramente frio	Neutro	Ligeiramente quente	Quente	Muito quente

## ANEXO E – T04.1

**Engineer's Letter of Assurance : T04.1**

**Instructions**

WELL Certification is determined by onsite Performance Verification and documentation, including Letters of Assurance from the appropriate professionals overseeing the implementation of a specific WELL feature and component parts during design, construction or operations. The template should be completed, signed and submitted as part of the documentation package.

1. Place a checkmark at every part completed and leave blank those that are not being pursued or being completed by another team member.
2. Initial every feature completed and leave blank those that are not being pursued or being completed by another team member.
3. Sign and date at the bottom of this letter.

If an individual other than the Engineer is responsible for any of the requirements contained in this Letter of Assurance, he/she is permitted to sign off on the respective requirements but must complete a separate Letter of Assurance for those specific requirements. This individual should submit a different copy of this form and check the boxes as it pertains to his/her own responsibility. On his/her own Letter of Assurance form(s), this individual should sign and complete the final page and include a description of his/her role on the project next to his/her signature.

The scope of this letter of assurance is as follows (please initial):

<p><b>Intent stage</b> (for Precertification only)</p> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; margin: 0 auto;"></div> <p>The information contained in this document is accurate as of current designs and anticipated project operations.</p>	<p><b>Implementation stage</b> (for Precertification or WELL Certification)</p> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; margin: 0 auto;"></div> <p>This document is prepared in relation to final construction documents and/or implemented operations and policies.</p>
--	--

Check	Thermal Comfort	Initials
	T04.1 Individual Thermal Control	<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div>

This project is designed to meet the parts selected below:

**Part 1: Provide Personal Cooling Options**

*For All Spaces except Dwelling Units:*

The project provides all regular occupants with the ability to cool their individual environment through at least one of the following:<sup>1</sup>

- a. A user-adjustable thermostat, which controls the environment for no more than one person and is connected to the building's mechanical cooling system or a more localized air conditioning unit.
- b. Desk fan or ceiling fan that does not increase air speed for other occupants.
- c. Chair with mechanical cooling system.
- d. Any other solution capable of affecting a PMV change of -0.5 within 15 minutes from activation, without changing the PMV for other occupants.

WELL v2, Q4 2022

Engineer's Letter of Assurance

Page 1 of 2

By signing below, I represent that, to the best of my knowledge, all of the responses provided on this form are accurate and made in good faith.

Printed Name: \_\_\_\_\_ Signature: \_\_\_\_\_

If the individual using this form is not in the role of Engineer, provide a description of the individual's project role, including justification of their ability to sign off on the above requirements, here:

Project Role: \_\_\_\_\_

Explanation: \_\_\_\_\_

## ANEXO F – T04.2

Engineer's Letter of Assurance : T04.2

**Instructions**

WELL Certification is determined by onsite Performance Verification and documentation, including Letters of Assurance from the appropriate professionals overseeing the implementation of a specific WELL feature and component parts during design, construction or operations. The template should be completed, signed and submitted as part of the documentation package.

1. Place a checkmark at every part completed and leave blank those that are not being pursued or being completed by another team member.
2. Initial every feature completed and leave blank those that are not being pursued or being completed by another team member.
3. Sign and date at the bottom of this letter.

If an individual other than the Engineer is responsible for any of the requirements contained in this Letter of Assurance, he/she is permitted to sign off on the respective requirements but must complete a separate Letter of Assurance for those specific requirements. This individual should submit a different copy of this form and check the boxes as it pertains to his/her own responsibility. On his/her own Letter of Assurance form(s), this individual should sign and complete the final page and include a description of his/her role on the project next to his/her signature.

The scope of this letter of assurance is as follows (please initial):

<p><b>Intent stage</b> (for Precertification only)</p> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></p> <p>The information contained in this document is accurate as of current designs and anticipated project operations.</p>	<p><b>Implementation stage</b> (for Precertification or WELL Certification)</p> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></p> <p>This document is prepared in relation to final construction documents and/or implemented operations and policies.</p>
--	--

Check	Thermal Comfort	Initials
	T04.2 Individual Thermal Control	<input type="checkbox"/>

This project is designed to meet the parts selected below:  
**Part 2: Provide Personal Heating Options**

*For All Spaces except Commercial Kitchen Spaces & Dwelling Units:*

The project provides all regular occupants with the ability to warm their individual environment through at least one of the following:<sup>1</sup>

- a. A user-adjustable thermostat, which controls the environment for no more than one person and is connected to the building's mechanical heating system.
- b. Electric parabolic space heater.
- c. Electric heated chair or footwarmers.
- d. Personal or shared blankets. Shared blankets are washed or disinfected at least weekly after use.
- e. Any other solution capable of affecting a PMV change of +0.5 within 15 minutes from activation, without

WELL v2, 04 2022

Engineer's Letter of Assurance

Page 1 of 2

changing PMV for other occupants.

By signing below, I represent that, to the best of my knowledge, all of the responses provided on this form are accurate and made in good faith.

Printed Name: \_\_\_\_\_ Signature: \_\_\_\_\_

If the individual using this form is not in the role of Engineer, provide a description of the individual's project role, including justification of their ability to sign off on the above requirements, here:

Project Role: \_\_\_\_\_

Explanation: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## ANEXO G – T06.1

Engineer's Letter of Assurance : T06.1

**Instructions**

WELL Certification is determined by onsite Performance Verification and documentation, including Letters of Assurance from the appropriate professionals overseeing the implementation of a specific WELL feature and component parts during design, construction or operations. The template should be completed, signed and submitted as part of the documentation package.

1. Place a checkmark at every part completed and leave blank those that are not being pursued or being completed by another team member.
2. Initial every feature completed and leave blank those that are not being pursued or being completed by another team member.
3. Sign and date at the bottom of this letter.

If an individual other than the Engineer is responsible for any of the requirements contained in this Letter of Assurance, he/she is permitted to sign off on the respective requirements but must complete a separate Letter of Assurance for those specific requirements. This individual should submit a different copy of this form and check the boxes as it pertains to his/her own responsibility. On his/her own Letter of Assurance form(s), this individual should sign and complete the final page and include a description of his/her role on the project next to his/her signature.

The scope of this letter of assurance is as follows (please initial):

<p><b>Intent stage</b> (for Precertification only)</p> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 15px; margin: 5px auto;"></div> <p>The information contained in this document is accurate as of current designs and anticipated project operations.</p>	<p><b>Implementation stage</b> (for Precertification or WELL Certification)</p> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 15px; margin: 5px auto;"></div> <p>This document is prepared in relation to final construction documents and/or implemented operations and policies.</p>
--	--

Check	Thermal Comfort	Initials
	T06.1 Thermal Comfort Monitoring	<div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 15px;"></div>

This project is designed to meet the parts selected below:

**Part 1: Monitor Thermal Environment**

*For All Spaces except Dwelling Units:*

*Thermal comfort monitors*

The following requirements are met:

- a. The project monitors dry-bulb temperature and relative humidity in occupiable spaces in compliance with the requirements outlined in the Continuous Monitoring Protocols of the Performance Verification Guidebook.
- b. Real-time environmental measures' display of dry-bulb temperature and relative humidity is made available to occupants through one of the following:
  1. Display screens, with at least one screen located in each 5400 ft<sup>2</sup> zone of regularly occupied space.
  2. A website or mobile application, with at least one sign located in each 5400 ft<sup>2</sup> zone of regularly occupied space, indicating where the data may be accessed.

*For Dwelling Units:*

The following requirements are met:

- a. The project monitors dry-bulb temperature and relative humidity in occupiable spaces in compliance with the requirements outlined in the Continuous Monitoring Protocols of the Performance Verification Guidebook.
- b. Real-time environmental measures' display of dry-bulb temperature and relative humidity is made available to occupants through one of the following:
  1. Display screens, with at least one screen located in each 5400 ft<sup>2</sup> zone of regularly occupied space.
  2. A website or mobile application, with at least one sign located in each 5400 ft<sup>2</sup> zone of regularly occupied space, indicating where the data may be accessed.

By signing below, I represent that, to the best of my knowledge, all of the responses provided on this form are accurate and made in good faith.

Printed Name: \_\_\_\_\_ Signature: \_\_\_\_\_

If the individual using this form is not in the role of Engineer, provide a description of the individual's project role, including justification of their ability to sign off on the above requirements, here:

Project Role: \_\_\_\_\_

Explanation: \_\_\_\_\_

## ANEXO H – T07.1

Engineer's Letter of Assurance : T07.1

**Instructions**

WELL Certification is determined by onsite Performance Verification and documentation, including Letters of Assurance from the appropriate professionals overseeing the implementation of a specific WELL feature and component parts during design, construction or operations. The template should be completed, signed and submitted as part of the documentation package.

1. Place a checkmark at every part completed and leave blank those that are not being pursued or being completed by another team member.
2. Initial every feature completed and leave blank those that are not being pursued or being completed by another team member.
3. Sign and date at the bottom of this letter.

If an individual other than the Engineer is responsible for any of the requirements contained in this Letter of Assurance, he/she is permitted to sign off on the respective requirements but must complete a separate Letter of Assurance for those specific requirements. This individual should submit a different copy of this form and check the boxes as it pertains to his/her own responsibility. On his/her own Letter of Assurance form(s), this individual should sign and complete the final page and include a description of his/her role on the project next to his/her signature.

The scope of this letter of assurance is as follows (please initial):

<p><b>Intent stage</b> (for Precertification only)</p> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; width: 30px; height: 15px; margin: 5px auto;"></div> <p>The information contained in this document is accurate as of current designs and anticipated project operations.</p>	<p><b>Implementation stage</b> (for Precertification or WELL Certification)</p> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; width: 30px; height: 15px; margin: 5px auto;"></div> <p>This document is prepared in relation to final construction documents and/or implemented operations and policies.</p>
--	--

Check	Thermal Comfort	Initials
	T07.1 Humidity Control	<div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 15px;"></div>

This project is designed to meet the parts selected below:  
**Part 1: Manage Relative Humidity**

*For All Spaces:*

*Mechanical humidity control*

The following requirement is met in all regularly occupied areas, except high-humidity areas:

- a. The mechanical system has the capability of maintaining relative humidity between 30% and 60% at all times by adding or removing moisture from the air.<sup>10,11</sup>

By signing below, I represent that, to the best of my knowledge, all of the responses provided on this form are accurate and made in good faith.

Printed Name: \_\_\_\_\_ Signature: \_\_\_\_\_

If the individual using this form is not in the role of Engineer, provide a description of the individual's project role, including justification of their ability to sign off on the above requirements, here:

Project Role: \_\_\_\_\_

Explanation: \_\_\_\_\_

## ANEXO I – T08.1

### Designer's Letter of Assurance : T08.1

#### Instructions

WELL Certification is determined by onsite Performance Verification and documentation, including Letters of Assurance from the appropriate professionals overseeing the implementation of a specific WELL feature and component parts during design, construction or operations. The template should be completed, signed and submitted as part of the documentation package.

1. Place a checkmark at every part completed and leave blank those that are not being pursued or being completed by another team member.
2. Initial every feature completed and leave blank those that are not being pursued or being completed by another team member.
3. Sign and date at the bottom of this letter.

If an individual other than the Designer is responsible for any of the requirements contained in this Letter of Assurance, he/she is permitted to sign off on the respective requirements but must complete a separate Letter of Assurance for those specific requirements. This individual should submit a different copy of this form and check the boxes as it pertains to his/her own responsibility. On his/her own Letter of Assurance form(s), this individual should sign and complete the final page and include a description of his/her role on the project next to his/her signature.

The scope of this letter of assurance is as follows (please initial):

<p><b>Intent stage</b> (for Precertification only)</p> <p><input type="checkbox"/></p> <p>The information contained in this document is accurate as of current designs and anticipated project operations.</p>	<p><b>Implementation stage</b> (for Precertification or WELL Certification)</p> <p><input type="checkbox"/></p> <p>This document is prepared in relation to final construction documents and/or implemented operations and policies.</p>
--	--

Check	Thermal Comfort	Initials
	T08.1 β Enhanced Operable Windows	<input type="checkbox"/>

This project is designed to meet the parts selected below:

**Part 1: Provide Windows with Multiple Opening Modes**

*For All Spaces:*

*Window design*

Operable windows may be opened according to the following requirements (windows which may be opened in both modes may count for both requirements a and b):

- a. At least 70% of operable windows may be opened such that at least half of the opening is not more than 5.9 ft above the finished floor and opening is at least 1 ft in the smallest dimension. At least one such window is present in each room with operable windows.
- b. If project is equipped with heating, at least 30% of operable windows may be opened such that entirety of opening is at least 5.9 ft above the finished floor (preferably as close to the ceiling as possible).<sup>5</sup> At least one such window is present in each room with operable windows.
- c. Controls for window operation are positioned not more than 5.6 ft above the finished floor.

By signing below, I represent that, to the best of my knowledge, all of the responses provided on this form are accurate and made in good faith.

Printed Name: \_\_\_\_\_ Signature: \_\_\_\_\_

If the individual using this form is not in the role of Designer, provide a description of the individual's project role, including justification of their ability to sign off on the above requirements, here:

Project Role: \_\_\_\_\_

Explanation: \_\_\_\_\_